TOME XXVIII, N° 2 1960

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT
GEMBLOUX (BELGIQUE)

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
2 DEC 1960

Sommaire

BERNARD, Jean. — Notules helminthologiques — I 113

CHARDEZ, Didier. — Introduction à l'étude des Thécamoebiens du sol . . 118

CHARDEZ, Didier. — Étude comparée des Thécamoebiens de trois biotopes dans trois milieux différents 125

DEMORTIER, Gustave. — Case lysimétrique de construction relativement simple et peu coûteuse 139

DONIS, Camille, A. — Aménagement intensif ou extensif des forêts tropicales . 157

HUGE, Pol. — Production contrôlée d'un composé du type humique . . 117

LECLERCQ, Jean. — Fleurs butinées par les Bourdons (*Hym. Apidae Bombinae*) dans la région liégeoise (1945-1959) 180

SEMAL, Jean. — Contribution à l'étude des virus du bégonia. Étude de quelques isolements effectués à partir de *Begonia tuberhybrida* 199

Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Le *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux* paraît normalement quatre fois par an. Toutefois, provisoirement, le nombre des livraisons a dû être limité.

Le prix de l'abonnement est de 175 francs par an, somme à verser au compte de chèques postaux n° 7621.08 du Bulletin de l'Institut agronomique de Gembloux (Belgique) ou à payer par mandat postal.

Prix du présent volume : 60 francs. Pour la commande, prière de s'adresser au Secrétariat du *Bulletin*.

a) **Le Bulletin sera envoyé en échange des publications similaires des Établissements d'Enseignement Supérieur, des publications périodiques des Sociétés scientifiques et des Revues Scientifiques en général.**

b) **Tout ouvrage scientifique dont un exemplaire est adressé à la Rédaction, sera signalé sous la rubrique « Bibliographie ».**

Toute reproduction des articles parus dans le Bulletin est strictement interdite sans autorisation du Comité de Rédaction.

IMPRIMERIE UNIVERSA WETTEREN (Belgique)

STATION D'ENTOMOLOGIE DE L'ÉTAT, A GEMBLOUX.

Notules helminthologiques - I (*)

par Jean Bernard.

Au cours de nos travaux sur l'écologie des micromammifères, nous sommes amené à récolter de très nombreuses espèces d'helminthes parasties des vertébrés. Leur étude fera l'objet d'une publication ultérieure importante. En attendant, nous nous proposons de publier sous forme de notules les observations intéressantes que nous avons l'occasion de faire. Ainsi, nos collègues seront tenus au courant des découvertes d'helminthes parasites faites en Belgique.

1. — A propos de *Trichuris muris* Schrank, 1788.

Dans une précédente publication (1), nous avons discuté du statut d'un *Trichuris* sp., dont on trouve des femelles dans le caecum de divers *Microtidae*. Dans ce travail, nous considérons que ces *Trichuris* sp. sont distincts de *T. muris*. Nous avons émis l'hypothèse que cette dernière espèce avait une répartition géographique qui n'atteindrait pas le territoire belge. Cette opinion était basée sur le fait que nous n'avions jamais découvert en Belgique de *Trichuris* chez le mulot, *Apodemus sylvaticus L.*, en dépit de la dissection d'un très grand nombre d'individus. Par contre, nous en avions trouvé en France, dans le Massif Central, ainsi que Roman (6) dans la région lyonnaise et Caron et Jarry (3) dans les Pyrénées. Dans la zone néarctique, d'après Tiner (7), l'espèce ne se trouverait pas au nord du Rio Grande.

Or, depuis la parution de notre travail précité sur les métazoaires parasites du campagnol des champs, nous avons capturé à deux reprises des mulots porteurs de *T. muris*.

La première observation date de février 1960. Sur trois *A. sylvaticus* piégés dans la forêt de Soignes, près de Bruxelles, dans un placeau de régénération naturelle du hêtre, deux étaient parasités par ce nématode. L'un

(*) Déposé à la rédaction le 14 juin 1960.

recelait dans son caecum deux mâles et une femelle gravide de *T. muris*. L'autre ne contenait que deux femelles immatures, également dans cet organe.

La seconde observation date de la même époque, mais de la région namuroise. Dans un verger, situé au milieu d'un parc à caractère forestier, un mulot, sur six individus disséqués, contenait dans son caecum une femelle immature de *Trichuris* sp., que rien ne permet de ne pas considérer comme *T. muris*. Depuis 1958, nous avons examiné vingt-cinq *A. sylvaticus* provenant de ce même verger, sans jamais découvrir ce nématode.

Le nombre total de mulots capturés en Belgique et autopsiés à ce jour s'élève à environ trois cents unités, provenant principalement des Ardennes et de la région de Gembloux. Dans l'ensemble, le taux de parasitisme par *T. muris* est donc de l'ordre de 1 %. De plus, cet helminthe paraît très localisé, puisque dans un des endroits où il est présent, il semble courant chez son hôte, ce qui est d'ailleurs le cas dans les régions où l'espèce est bien représentée. En effet, ROMAN dans la région lyonnaise et CARON et JARRY dans les Pyrénées, l'ont observé chez 20 % des sujets examinés.

Notons que cette localisation en îlots confirmerait que la Belgique se trouve à la limite de l'aire de répartition de l'espèce. La biogéographie montre en effet que les aires de dispersion des espèces deviennent discontinues dans leur périphérie.

Nous noterons encore que l'un des trois mulots parasités contenait des mâles alors que nous n'avons jamais rencontré ce sexe chez les *Trichuris* sp. des *Microtidae*. Enfin dans les deux cas où des femelles seules ont été découvertes, celles-ci, bien que de taille normale, ne contenaient aucun œuf. Cette observation permet de supposer qu'en l'absence de mâles aucun développement des œufs n'est possible. Au contraire, chez les *Trichuris* sp., parasitant les *Microtidae*, les femelles sont presque toujours gravides, malgré l'absence de mâles, ce qui indique soit que l'espèce est parthénogénétique, soit que la fécondation est extrêmement précoce, peut-être même avant l'occupation du site définitif : le caecum.

Ces faits confirment donc l'hypothèse selon laquelle les *Trichuris* parasitant les *Muridae* et ceux trouvés chez les *Microtidae* sont deux espèces distinctes.

2. — **Découverte de *Capillaria oesophagicola* SOLTYS, 1952 chez la Taupe, *Talpa europaea* L..**

Nous avons signalé, dans un travail récent (2), l'existence en Europe occidentale de *Capillaria oesophagicola* chez divers *Soricidae*. Nous faisions remarquer que cette espèce, qui occupe une aire de répartition qui semble

couvrir toute la zone holarctique, paraît strictement inféodée aux musaraignes à dents rouges, c'est-à-dire à la sous-famille des *Soricinae*. En effet, alors qu'elle est connue chez les espèces des genres *Sorex*, *Neomys* et *Blarina*, nous ne l'avons jamais observée chez aucun *Corcidurinae*. Or nous avons récemment découvert dans l'oesophage d'une taupe des *Capillaria* que rien ne permet de distinguer de *C. oesophagicola*.

Malheureusement, l'espèce n'était représentée que par des femelles, mais celles-ci correspondent exactement aux descriptions de l'espèce type. La taille paraît légèrement plus grande que chez les individus parasites des musaraignes. La longueur totale oscille entre 16 et 18,3 mm, avec la partie antérieure rostrale de 3,7 à 4,4 mm et le corps de 12 à 14 mm ; la lèvre antérieure de la vulve montre la même proéminence accentuée et les œufs le même dessin sur le chorion que chez les exemplaires provenant des *Soricinae*.

Ces helminthes ont été trouvés dans l'oesophage d'une taupe, *Talpa europaea*, provenant des digues de l'Escaut à Tamise. Ils se trouvaient au nombre d'une dizaine, tous enfoncés sinueusement entre la muqueuse et la sous-muqueuse. Il s'agit sans doute d'une infestation assez ancienne car il ne s'y trouvait plus aucun mâle, plusieurs femelles ne contenaient plus que quelques œufs dans l'utérus et nous avons observé des poches allongées bourrées d'œufs, mais dans lesquelles toute trace du nématode adulte avait disparu.

La taupe ne paraît pas un hôte courant de *C. oesophagicola*, car c'est la première fois que nous observons ce nématode chez cet insectivore, malgré l'autopsie d'un grand nombre d'exemplaires provenant de divers points du pays.

La découverte d'un parasite des *Soricidae* chez la taupe ne constitue pas néanmoins un fait remarquable. *Talpidae* et *Soricidae* ont de nombreuses affinités et constituent d'ailleurs la superfamille des *Soricoidea*. D'autres helminthes se retrouvent chez les espèces des deux familles : par exemple, *Capillaria incrassata* DIESING dans la vessie et *Parastrongyloides Winchesi* MORGAN, dans l'intestin.

Le phénomène le plus curieux ici, mais qui nécessitera une vérification, c'est que *C. oesophagicola* ne se trouve que chez les *Soricinae* et chez la taupe et non pas chez les *Crocidurinae*.

La sténoxénie ne peut être attribuée à des causes écologiques, car ainsi que nous l'avons montré (2), cet helminthe se retrouve dans un très grand nombre de biotopes divers. La spécialisation ne semble donc avoir que des causes phylogénétiques. Dans ce cas, au point de vue parasitaire, il y aurait plus d'affinité entre les genres *Talpa* d'une part, *Sorex* et *Neomys* d'autre part, qu'entre ces derniers et le genre *Crocidura*.

3. — *Trichostrongylus retortaeformis* ZEDER, 1800 **chez le rat musqué,** *Ondatra zibethica* L..

Le rat musqué est un rongeur américain introduit en Europe au début du siècle. De nombreux recensements parasitologiques ont été faits à son sujet dans sa contrée d'origine et quelques-uns en Europe. En Angleterre, WARWICK (8) ne lui a trouvé qu'une seule espèce de nématode : *Capillaria hepathica* BANKROFT, un parasite normal du rat. Par contre, en Tchécoslovaquie, ERHARDOVÁ (5) signale une faune parasitaire assez variée. Les quelques rats musqués que nous avons autopsiés jusqu'à présent ne nous ont pas permis de découvrir les espèces de nématodes connues de ce rongeur dans la région néarctique. Par contre, nous avons trouvé chez deux *Ondatra* piégés (*) à Kalloo en octobre 1959, des représentants d'un *Trichostrongylidae* parasite des Lagomorphes européens : *Trichostrongylus retortaeformis* ZEDER, 1800. Il s'agit de deux individus mâles qui se trouvaient isolés dans le caecum de leur hôte. Leurs dimensions et surtout la constitution de leurs spicules ne laissent aucun doute sur leur identité.

Il s'agit de nématodes de 5,4 et 5,75 mm de long dont le corps s'élargit progressivement depuis l'extrémité antérieure jusqu'au niveau de la bourse copulatrice. La largeur est de 13 à 14 μ au niveau de la tête, de 60 à 67 μ à celui du tiers antérieur du corps et de 84 à 90 μ à celui de la moitié. La plus grande largeur du corps proprement dit, se situe au niveau de l'anus ; elle est respectivement de 144 et 125 μ chez les deux exemplaires en notre possession. L'un de ceux-ci présente au niveau de la tête un élargissement cuticulaire latéral de 10 μ. L'oesophage est long de 162 à 220 μ et large de 27 à 32 μ à son extrémité distale. L'orifice du tube excréteur, qui n'est visible que chez un seul des exemplaires, est distant de 215 μ de l'extrémité antérieure du corps. Les deux spicules paraissent de dimensions différentes, respectivement de 135 $\times$ 27 μ et 123 $\times$ 24 μ dans un cas et de 132 $\times$ 21 μ et 123 $\times$ 21 μ dans l'autre. Leur relief est très caractéristique ; le processus en forme d'anneau de leur extrémité antérieure est très nettement marqué, ainsi que le sabot qui en constitue la pointe postérieure. Le gubernaculum a 50 μ de long et 16 μ de large. La bourse copulatrice est d'allure sphérique ; elle a un diamètre de 125 à 144 μ. Le rayon dorsal se divise en deux branches qui soutiennent marginalement la partie cuticulaire de la bourse.

Ces dimensions correspondent bien dans l'ensemble aux données fournies par divers auteurs. Nous noterons seulement que CLAPHAM (4) considère les deux spicules comme égaux et le gubernaculum de 72 μ de long.

(*) Les cadavres de ces animaux nous ont été aimablement fournis par Monsieur VAN MOL, Inspecteur au Service Phytopathologique.

Bien que parasite des *Leporidae*, *T. retortaeformis* est connu comme susceptible de se retrouver chez d'autres rongeurs. ERHARDOVÁ en Tchécoslovaquie, en a découvert chez *Citellus citellus* L., *Microtus arvalis* PALL., *O. zibethica* et *Sciurus vulgaris* L., mais, semble-t-il, toujours en faible nombre. Toutefois, c'est à notre connaissance la première fois que ce phénomène s'observe en Europe occidentale, où nous ne l'avons jamais rencontré chez *Microtus arvalis*, en dépit de l'autopsie d'un très grand nombre de représentants de cette espèce. La présence de deux individus mâles isolés chez le rat musqué ne permet d'ailleurs nullement de ranger ce rongeur parmi les hôtes de ce nématode. En effet, on ne peut considérer comme hôte définitif que celui chez lequel la reproduction du parasite s'effectue normalement.

BIBLIOGRAPHIE

1. BERNARD, J. (1959). *Bull. Inst. agron. Gembloux*, XXVII, 4, pp. 371-407.
2. BERNARD, J. (1960). *Bull. Inst. agron. Gembloux*, XXVIII, 1, pp. 3-9.
3. CARON, J. et JARRY, D. (1956). *Vie et Milieu*, 7, pp. 116-120.
4. CLAPHAM, P. A. (1948). *J. Helminth.*, XXII, 1, pp. 37-46.
5. ERHARDOVÁ, B. (1957). *Ceskoslovenska parasitologie*, IV, pp. 121-129.
6. ROMAN, E. (1951). *Mém. Mus. nat. Hist. nat.*, Série A, II, 1, pp. 49-270.
7. TINER, J. D. (1950). *J. of Parasitol.*, 36, 4, pp. 350-355.
8. WARWICK (1936). *Parasitology*, 28, pp. 395-402.

Introduction à l'étude des Thécamoebiens du sol (*)

par Didier Chardez (**)

L'ordre des Thécamoebiens (*Protozoa, Rhizopoda*) compte au moins 1050 espèces dont la plupart vivent franchement aquatiques, dans les milieux les plus divers. La découverte dans le sol de thèques vides ou habitées, appartenant à plusieurs espèces ubiquistes, fit d'abord croire à un phénomène banal de dissémination passive, sans grande signification. Les observations de Grandori (1934) eurent le mérite de mettre en doute cette première impression. La chapitre de Deflandre (1953) dans le Traité de Zoologie de Grassé, résume adéquatement les connaissances acquises au moment où Thomas, puis Bonnet et Thomas entreprirent de nouvelles recherches sur la question. Dès 1955, ces auteurs peuvent dire :

> « Il apparaît, avec ces quelques jalons apportés à la faune thécamoebologique des sols, qu'une faune spéciale existe, tout comme existe une faune aquatique, lacustre, muscicole et sphagnicole. Lorsque sa classification et son écologie seront bien établies, les renseignements seront profitables à d'autres sciences que la Protozoologie ».

En 1958, Bonnet et Thomas présentèrent une technique d'isolement des Thécamoebiens du sol. Leurs résultats ont permis d'apporter des éléments originaux, d'ordre écologique, résumés dans leur travail récent (1959). De mon côté, j'ai mis au point une autre technique d'isolement, grâce à quoi il a été possible d'analyser la faune de divers prélèvements préliminaires de sols belges et d'augmenter sensiblement la liste des espèces tenues pour typiquement terricoles (Chardez, 1959).

Le présent exposé a pour objet de résumer les résultats obtenus parallèlement par les auteurs français et moi-même, de faire connaître quelques faits nouveaux et ainsi, de servir d'introduction à d'autres études plus spé-

(*) Déposé à la rédaction le 25 mars 1960.

(**) Contribution du Laboratoire de Zoologie générale, Institut agronomique, Gembloux.

ciales. Je tiens à remercier M. le Prof. J. LECLERCQ de l'aide encourageante et efficace qu'il m'a accordée.

***

On trouve des Thécamoebiens dans des sols très variés et on acquiert facilement la conviction que la population de chaque type de sol, de chaque couche pédologique, est caractéristique et relativement constante, tant qualitativement que quantitativement. On apprend aussi rapidement que les sols organiques de forêts sont les plus riches en Thécamoebiens.

Si nous considérons un profil de sol de forêt et exécutons un prélèvement par couche pédologique, nous obtenons un mode de répartition verticale très constant qui peut être représenté par le schéma I.

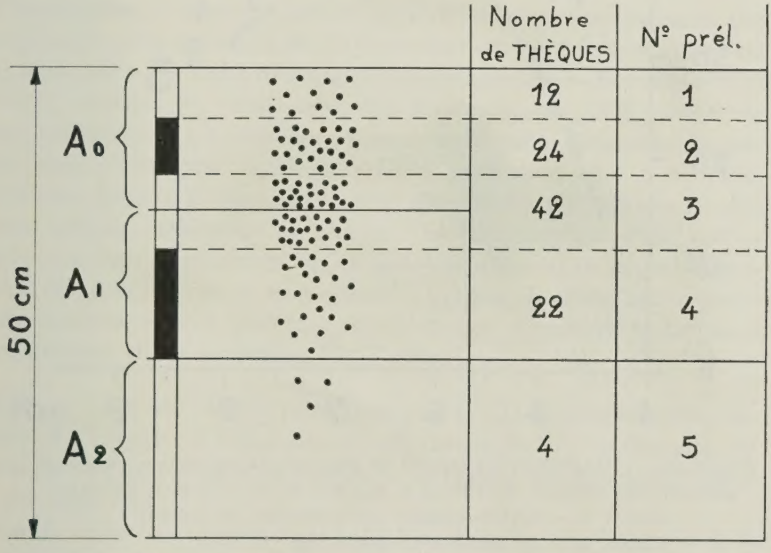

SCHÉMA I. — Schéma présentant le mode de répartition des thèques de Thécamoebien dans un sol de forêt de chênes, à Otrange (5 g de terre extraits pour chaque section).

Le facteur d'abondance maximum peut être mis en relief par un diagramme où sont reprises les courbes données par les espèces les plus abondantes, en fonction de leur nombre placé en abcisse et des pH en ordonnée :

Au point de vue pédologique, l'étude des Thécamoebiens présente l'avantage énorme que ces microorganismes laissent une trace durable de leur passage, les thèques résistant longtemps, mais pas indéfiniment, à la destruction mécanique et à l'attaque des bactéries. Toutefois, comme l'a fait

remarquer Bonnet (1959 b), une étude sociologique doit prendre surtout en considération le nombre d'individus réellement vivants, lequel est de beaucoup inférieur au nombre de thèques vides (organismes morts ou ayant pratiqué l'exuvation). En outre, il faudra évaluer les phases de développement maximum des populations actives et analyser les phénomènes d'enkystement et de dékystement.

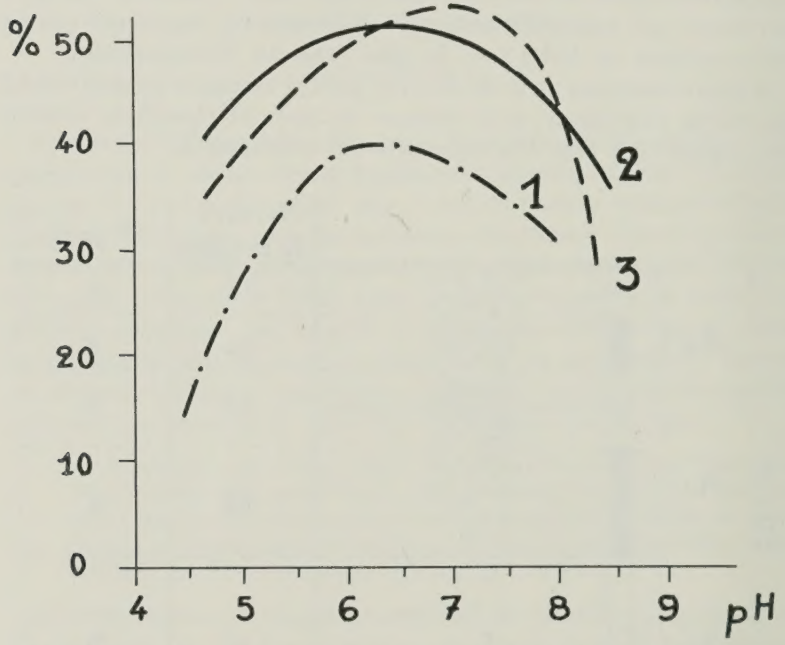

Schéma II. — Répartition des espèces les plus abondantes en fonction du pH, prélèvements effectués dans le sol de la même forêt de Chênes, à Otrange.
Courbe 1 = *Tracheleuglypha acolla* Bonnet et Thomas
Courbe 2 = *Phryganella acropodia* Hert et Less
Courbe 3 = *Plagiopyxis callida* Penard.

Thomas (1957) a raison d'insister sur le fait que « ...l'installation des faunules à Thécomoebiens ne se fait que lorsque chaque espèce trouve la station dans laquelle sont réunies les conditions nécessaires à son développement... ». Les Thécamoebiens ne prolifèrent qu'en présence de certaines conditions d'hydratation du milieu, mais ils sont doués d'une grande faculté de résistance : ils peuvent fermer l'ouverture de la thèque, construire un épiphragme, s'enkyster, certains peuvent survivre dans un état de vie latente. Dans les meilleures conditions, leur activité paraît lente (construc-

tion laborieuse de la thèque, etc.), elle suffit cependant à faire apparaître plusieurs milliers de thèques par cm^3 dans certaines terres riches.

Au sein de ce vaste biotope que représente le sol, plus peut-être que dans les masses d'eau, se constituent une infinité de microbiocénoses et de microbiotopes. On connaît encore bien mal l'intervention des Thécamoebiens dans les transformations chimiques qui ont lieu à ces niveaux. Les Thécamoebiens sont trop nombreux pour qu'on méconnaisse leur participation ou leurs interférences dans les processus de l'humification.

*
* *

Quelques données éthologiques et bionomiques

Pseudopodes. Bien que vivant dans un milieu où l'eau ne forme pas des masses liquides continues, les Thécamoebiens du sol émettent volontiers des pseudopodes, à la façon de leurs congénères aquatiques. Bonnet (1959 b) a décrit l'émission des pseudopodes chez les *Plagiopyxis*. J'ai observé de même l'émission de pseudopodes entièrement hyalins, dépourvus de granules, chez *Plagiopyxis callida* et *declivis*, mais aussi chez *Centropyxis orbicularis*. Chez ce dernier, j'ai souvent observé des pseudopodes lamelliformes, hyalins, déchiquetés au sommet. Le comportement obéit visiblement à une règle de prudence : les pseudopodes s'étalent en largeur en suivant le film d'eau liquide, ils sont minces et hyalins. Il semble que le protozoaire conserve sous la protection de sa thèque, l'essentiel de sa masse cytoplasmique et ses organites : Fig. 1 (Planche I, p. 122).

Kystes. – On sait depuis longtemps que des Thécamoebiens sont capables de s'enkyster à l'intérieur de leur thèque mais ce phénomène est manifestement général chez les espèces du sol et peut être interprété comme un acte adaptatif.

Bonnet (1959 b) a observé 1, 2, 4 et 8 kystes contigus à l'intérieur de la même thèque. Il s'agit très probablement de kystes de reproduction, produits au cours de mitoses consécutives.

Les kystes que j'ai observés chez *Plagiopyxis callida* et sa var. *grandis* sont sphéroïdaux, encastrés dans le fond de la thèque, leur membrane est lisse et assez épaisse, ce qui confère un aspect très opaque, conforme à ce qu'a représenté Thomas (1958). Cf. Fig. 6. Quant au *Centropyxis minuta*, il m'a montré un kyste plus clair, à membrane épaisse mais creusée de petites dépressions irrégulières, et ici, un bouchon de matière organique fermait l'entrée de la thèque (Fig. 7), ce qui peut passer pour une adaptation complémentaire.

PLANCHE I

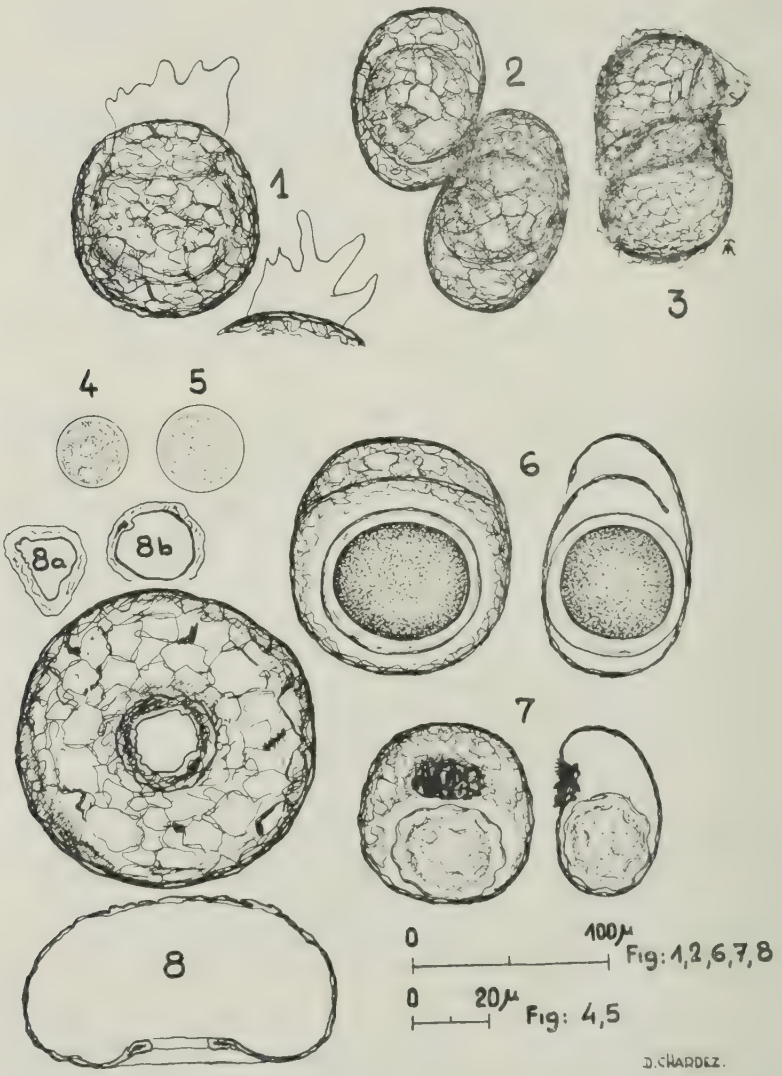

Fig. 1. — *CENTROPYXIS ORBICULARIS* Deflandre : émissions pseudopodiques lamelliformes.

Fig. 2. — *PLAGIOPYXIS CALLIDA* Pénard (reproduction)?

Fig. 3. — *CENTROPYXIS SYLVATICA* (Defl.) Thomas (reproduction)?

Fig. 4. — NOYAU DE *PLAGIOPYXIS CALLIDA* Pénard.

Fig. 5. — NOYAU DE *CENTROPYXIS ORBICULARIS* Deflandre

Fig. 6. — KYSTE CHEZ *PLAGIOPYXIS CALLIDA* Pénard

Fig. 7. — KYSTE CHEZ *CENTROPYXIS MINUTA* Deflandre

Fig. 8. — *TRIGONOPYXIS ARCULA var. MAJOR* var. nov. 8a et 8b : aspects du pseudostome.

Noyau. — Deux observations seulement m'ont permis d'identifier les noyaux de *Plagiopyxis callida* et de *Centropyxis orbicularis*. Le premier est sphérique, de 20 μ environ, avec de gros et nombreux caryosomes (Fig. 4). Le second est également sphérique, mais mesure de 25 à 28 μ et présente de nombreux petits caryosomes (Fig. 5).

Reproduction. — On ne sait encore rien de précis sur les processus de la reproduction des formes terricoles. J'ai observé une fois deux *Plagiopyxis callida* assemblés par le pseudostome, en position « tête-bêche » (Fig. 2, 3). THOMAS (*in litteris*) a vu la même chose chez *Centropyxis sylvatica*. Nous ignorons s'il s'agit d'un phénomène de reproduction ou de conjugaison.

Déplacements et dissémination. — Le déplacement et la dissémination des Thécamoebiens dans les sols posent un problème bien particulier. En effet, ces protozoaires doivent se mouvoir dans un microbiotope constitué d'une infinité de microcavernes et de microlabyrinthes, le tout enrobé d'un simple film d'eau. Or la morphologie spéciale des formes terricoles complique encore la situation : la région du pseudostome semble rétrécie et modifiée pour sauvegarder l'hydratation interne, au détriment de la commodité de l'émission des pseudopodes.

La reptation dans le film d'eau est malaisée et d'ailleurs, rarement observée. BONNET (1959 b) montre que les *Plagiopyxis* progressent ainsi lentement, sans émission de pseudopodes distincts, le pseudostome étroitement appliqué contre le substrat, un peu à la façon d'une patelle. J'ai revu ce mode de reptation chez *Plagiopyxis callida*, et noté que le protozoaire semble se maintenir sur les particules du substrat grâce à une sorte de minuscule ventouse. Tout cela porte à croire que le déplacement libre des Thécamoebiens dans le sol est très réduit et rend incompréhensible la présence de quantités aussi considérables d'individus dans certaines couches.

De mes observations les plus récentes, il ressort que *le facteur primordial de la dissémination des Thécamoebiens dans le sol, est le fait que certains Acariens agissent comme vecteurs.* D'autres Arthropodes endogés pourraient aussi entrer en ligne de compte, notamment des Insectes.

Le mécanisme du transport par les Acariens paraît simple. De nombreux Acariens terricoles sont entourés d'une sorte de sérosité (cire ?) qui agglutine une foule de particules hétéroclites.

Parmi ces objets, on découvre toujours des thèques de Thécamoebiens, certaines encollées aux pattes, les autres sur la partie dorsale de l'Acarien.

On sait combien denses sont les populations d'Acariens dans les couches du sol habitées par les Thécamoebiens. NEI (1957) rappelle qu'on trouve de 8000 à 265000 individus par m², dans les sols forestiers et suivant le type de ceux-ci. Ces quantités suffisent à tenir les Acariens pour agents pri-

mordiaux de la dissémination des Thécamoebiens, puisque la présence de thèques véhiculées est un phénomène extrêmement fréquent. Comme nombre des thèques véhiculées sont vides, on pourrait croire que la dissémination est purement accidentelle et ne met en cause que la densité globale des populations d'Acariens. On ne peut cependant pas exclure l'hypothèse d'un transport impliquant une forme élémentaire ou plus compliquée d'association volontaire. A côté des thèques véhiculées vides, j'ai trouvé des Thécamoebiens vivants, fixés par leur pseudostome appliqué sur la cuticule de l'Acarien, dans des lieux apparemment privilégiés : entre les pattes et dans certains sillons de l'exosquelette. D'autre part, certains Acariens paraissent agglutiner volontairement des particules étrangères, assurant une protection mimétique, et dans ces cas, on reconnaît habituellement des thèques de *Phryganella*, *Centropyxis* et *Plagiopyxis*. Les figures 9 et 10 (Planches II et III, pp. 128 et 129) illustrent plusieurs cas de transport de thèques par des Acariens indéterminés.

*
* *

Recensement préliminaire des Thécamoebiens terricoles

La liste des espèces rencontrées dans les terres serait très longue car elle inclurait une foule de formes ubiquistes (comme *Trinema lineare*), des erratiques, et des formes obtenues accidentellement ou multipliées artificiellement (par exemple à la suite de cultures in vitro. Thomas, 1955, a judicieusement dénoncé les dangers de ces cultures). Le relevé présenté ci-après ne signale que les espèces réellement caractéristiques de la faune terricole, capables d'y vivre et éventuellement de s'y trouver avec une fréquence caractéristique. Ce relevé réunit les données acquises progressivement par les études de Thomas (1955, 1959), Bonnet et Thomas (1955, 1958) en France, et les miennes en Belgique (Chardez, 1959, et données originales récentes). Il est déjà certain que bien des espèces sont caractéristiques de types de sols déterminés, et pourraient s'avérer avoir une valeur d'indice ; cette question sera examinée dans d'autres travaux.

Les organismes marqués ✶ paraissent liés aux stations terricoles. Ceux marqués O s'y rencontrent très souvent et ceux marqués ✦ assez souvent.

CENTROPYXIS	*aerophila v. globulosa* Bonnet-Thomas	✶
»	*aerophila v. sphagnicola* Deflandre	O
»	*cryptostoma* Bonnet	✶
»	*deflandriana* Bonnet	✶
»	*deflandriana v. minima* Bonnet	✶
»	*halophila* Bonnet	✶
»	*minuta* Deflandre	O

CENTROPYXIS orbicularis Deflandre	o
» *plagiostoma* Bonnet-Thomas	*
» *plagiostoma v. terricola* Bonnet-Thomas	*
» *sylvatica v. minor* Bonnet-Thomas	*
» *sylvatica v. microstoma* Bonnet-Thomas	*
» *sylvatica v. globulosa* Bonnet	*
» *vandeli* Bonnet	*
» *vandeli v. sinuata* Bonnet	*
» *vandeli v. globulosa* Bonnet	*
PLAGIOPYXIS callida Penard	*
» *callida v. grandis* Thomas	o
» *declivis* Bonnet-Thomas	o
» *declivis V. oblonga* Bonnet-Thomas	*
» *declivis v. oblonga f. cryptostoma* Bonnet	*
» *glyphostoma* Bonnet	*
» *intermedia* Bonnet	*
» *minuta* Bonnet	*
» *minuta v. oblonga* Bonnet	*
» *minuta v. phanerostoma* Bonnet	*
» *penardi* Thomas	o
» *penardi v. oblonga* Bonnet	*
TRIGONOPYXIS arcula Leidy	o
» *arcula v. major* Chardez	*
BULLINULARIA gracilis Thomas	*
GEOPYXELLA sylvicola Bonnet-Thomas	*
» *sylvicola v. parva* Bonnet	*
PSEUDAWERINTZEWIA calcicola Bonnet	*
SCHWABIA terricola Bonnet-Thomas	*
» *terricola v. thomasi* Bonnet	*
HELEOPERA penardi Bonnet-Thomas	*
» *petricola v. humicola* Bonnet-Thomas	*
» *petricola v. major* Cash	o
» *sylvatica* Pénard	o
HYALOSPHENIA insecta Harnisch	✦
GEAMPHORELLA lucida Bonnet	*
GEOCOCCUS vulgaris Francé	*
PARAQUADRULA pachylepis Bonnet	*
PHRYGANELLA acropodia (Hert. Less) Hopk.	o
» *acropodia v. penardi* Decloitre	✦
DIFFLUGIELLA oviformis (Pén.) Bonnet-Thomas	✦
» *oviformis v. fusca* Pénard	✦
EUGLYPHA cuspidata Bonnet	*
» *dolioformis* Bonnet	*
» *laevis* Perty	o
» *rotunda* Wailes	o
» *rotunda v. polylepis* Bonnet	*
» *denticulata* Brown	o
» *umbilicata* Bonnet	*
TRACHELEUGLYPHA acolla Bonnet-Thomas	*
» *acolla v. aspera* Bonnet-Thomas	*

TRACHELEUGLYPHA acolla f. stenostoma Chardez	✶
TRINEMA complanatum Pénard	o
» *complanatum v. globulosa* Chardez	✶
» *enchelys* (Ehrbg) Leidy	o
» *enchelys f. biconvexa* Awerintzew	✦
» *galeata* Pénard	✦
» *penardi* Thomas-Chardez	✦
» *lineare* Pénard	o
CORYTHION dubium Taranek	o
» *dubium v. aerophila* Decloitre	✦

Sans les incorporer à cette liste, je tiens à signaler aussi les formes suivantes pour les avoir rencontrées dans des prélèvements de sols, parfois abondantes, mais peu constantes :

NEBELA tincta (Leydy) Awerintzew
» *tincta f. stenostoma* Yung
» *lageniformis* Pénard
Arcella hemispherica Perty
» *arenaria* Greef
» *arenaria f. compressa* Chardez
Bullinularia indica Pénard
Hyalosphenia subflava Cas.

Noter en outre que la *Difflugia bombycina* Grandori, citée par cet auteur dans son étude de 1934, devrait être revue.

***

Faunules terricole et muscicole à la limite l'une de l'autre

Grandori (1934) et Thomas (1955) ont déjà souligné que la faune des Thécamoebiens du sol est plus proche de celle des mousses et des sphaignes que de celle des milieux vraiment aquatiques. Thomas (1959) a publié des listes comparatives prouvant définitivement que les Thécamoebiens du sol sont pour la plupart des ressortissants aussi des faunules muscicoles, plus rarement des faunules sphagnicoles, étant entendu que les autres (indiquées par le signe ★ dans le tableau précédent) semblent réellement inféodées aux sols seulement.

Pour comprendre la genèse des éléments terricoles mixtes ou exclusifs, il est évident qu'il faut étudier spécialement et comparativement la répartition qualitative et quantitative des espèces le long des tiges de Muscinees. On trouvera ainsi les etapes de transition entre ce qui caractérise le milieu à hydratation maximum, le milieu subaérien et le milieu aérien. Voici un essai préliminaire dans ce sens.

Les mousses examinées appartenaient aux genres *Hypnum* et *Dicranum*. On a examiné séparément des exemplaires mesurant de 75 à 80 mm, de 15 à 25 mm et de 4 à 8 mm (racines comprises). Dans chaque cas, on a coupé en trois parties : A = les racines (et partie enterrée), B = partie épigée immédiatement au-dessus du sol, C = extrémité de la mousse. Chaque partie a été examinée dans de l'eau distillée. Les résultats des numérations effectuées dans ces conditions ont été portés dans le Tableau I.

On remarque immédiatement que la densité des populations baisse pour chaque espèce, en direction du microbiotope le plus aérien. C'est même évident pour l'ubiquiste *Trinema lineare*. Mais on voit aussi installées plus ou moins abondantes et plus ou moins haut dans le gradient aérien, des espèces strictement muscicoles (*Assulina muscorum*, *Euglypha strigosa*) et des espèces mixtes, trouvées régulièrement dans les sols. En plus d'utiles précisions sur la valence écologique des espèces, ce tableau montre qu'il faut être prudent dans la récolte et l'étude des prélèvements d'échantillons de sol. La proximité des mousses peut introduire des proportions anormales d'espèces d'origine muscicole, voire des espèces incapables de vivre normalement dans le sol sans mousses.

TABLEAU I. — **Répartition d'éléments muscicoles aux parties enterrées (A) et épigées (B, C) de mousses de trois grandeurs**

(N= très abondant ; 19, 37, 25... nombre de thèques recensées).

		75 à 80 m/m			15 à 25 m/m			4 à 8 m/m		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
TRINEMA lineare	Penard	N	N	19	N	N	37	N	N	25
» *enchelys*	(Ehrbg) Leidy	1	3	—	2	4	—	—	—	—
» *complanatum*	Penard	5	2	—	7	2	—	8	3	—
» *complanatum v. globulosa*	Chardez	4	—	—	—	—	—		—	—
CORYTHION dubium	Taranek	—	—	—	6	8	—	4	9	1
ASSULINA muscorum	Greff	37	46	4	—	9	—	3	—	—
EUGLYPHA rotunda	Wailes	42	N	6	36	28	11	—	—	—
» *laevis*	Perty	—	2	—	—	—	—	—	—	—
» *strigosa*	(Ehrb g)Perty	7	13	—	—	—	—	—	—	—
CENTRPYXIS aerophila v. sphagnicola	Defl.	32	19	—	18	21	—	14	2	—
TRIGONOPYXIS arcula	Leidy	2	—	—	2	—	—	—	—	—
PLAGIOPYXIS callida	Penard	5	—	—	3	—	—	—	—	—
» *declivis*	Thomas	2	—	—	1	—	—	—	—	—

PLANCHE II

Fig. 9

PLANCHE III

600 µ

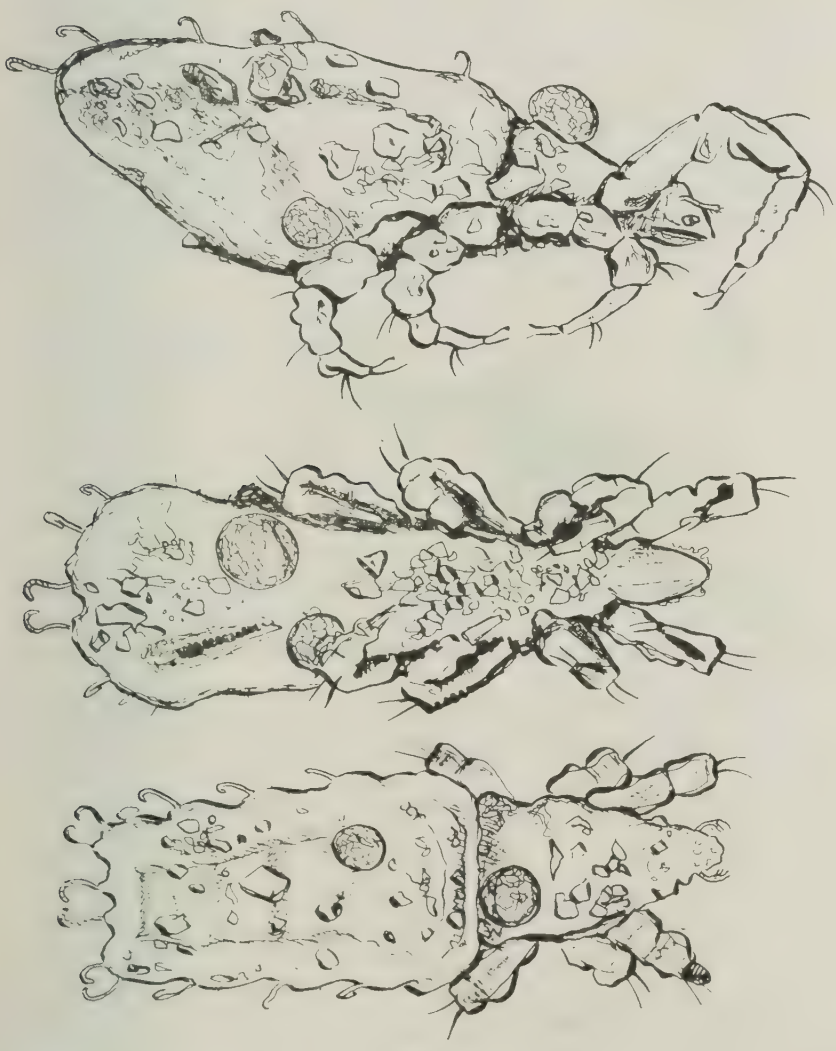

Fig. 10

Acariens porteurs de différentes particules minérales parmi lesquelles on distingue nettement des thèques de *Plagiopyxis*, de *Centropyxis* et de *Phryganella*.

ADDENDUM

Trigonopyxis arcula LEIDY var, major, n. var.

Dans mon travail de 1959, j'ai signalé l'existence de quelques grandes thèques de *Trigonopyxis arcula*, mesurant de 170 à 190 μ. En ayant retrouvé depuis, plusieurs fois, bien caractérisées et toujours mélangées à la forme typique, je pense pouvoir dire qu'il s'agit d'une variété fixée, méritant un statut nomenclatorial.

Outre sa grande taille, la variété nouvelle présente une conformation particulière du pseudostome. Celui-ci possède un épaississement très prononcé, fort visible. Sa forme est très irrégulière : de triangulaire à quadrangulaire, elle peut devenir presque circulaire et ses bords présentent quelque fois une sorte de denticulation très irrégulière.

La thèque est souvent de teinte très foncée, allant du brun jaune au brun vert. Elle est formée de grandes plaques amorphes, très robustes. Mensurations :

$\theta = 140\ \mu$ H $= 75\ \mu$
$\theta = 170\ \mu$ H $= 87\ \mu$
$\theta = 175\ \mu$ H $= 90\ \mu$
$\theta = 180\ \mu$ H $= 92\ \mu$
$\theta = 190\ \mu$ H $= 100\ \mu$

TYPE. Sart Tilman, Angleur (Belgique, Liège), Horizon Ao « Chênaie sessiliforme », pH = 4.6, prélèvement du 22 janvier 1960, effectué par M. J. LAMBINON, du Laboratoire de Systématique, Institut Botanique de l'Université de Liège.

Une préparation « type » est déposée dans les collections zoologiques de l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux.

SUMMARY

A short review of recent works on the *Rhizopoda Testacea* found in soils, in France and Belgium. New data are presented on the quantitative distribution in a forest soil, on the bionomics and structure of typical species, with special reference to locomotion ability. The number of tests found in some soils cannot be explained by free pseudopodial movements only. *Acari* act as vectors and in some instances this seems to involve more than a purely accidental feature.

42 species and a number of forms are listed as regular inhabitants of the soil. It is stressed that there are many elements in common with the muscicolous fauna. An analysis of the fauna associated with mosses shows there a gradient from deep moist soil to aerial conditions and suggests that mosses may introduce unexpected elements in the typical soil populations.

Trigonopyxis arcula LEIDY var. *major* is described as a new variety.

BIBLIOGRAPHIE

BONNET, L. 1959 a. Nouveaux Thécamoebiens du sol. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **94**, p. 407.

BONNET, L. 1959 b. Quelques aspects des populations thécamoebiennes endogées. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **94**, p. 413.

BONNET, L. 1959 c. Dékystement, phase trophique et enkystement chez *Plagiopyxis minuta* BONNET - Incidence systématique, *C. R. Acad. Sci., Paris*, **259**, p. 1.

BONNET, L. et THOMAS, R. 1955. Études sur les Thécamoebiens du sol (1). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, **90**, p. 411.

BONNET, L. et THOMAS, R. 1958. Une technique d'isolement des Thécamoebiens (*Rhizopoda testacea*) du sol et ses résultats. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **247**, p. 1901.

CHARDEZ, D. 1957. Thécamoebiens des mousses aériennes. *Ronéotypie chez l'auteur.*

CHARDEZ, D. 1959. Thécamoebiens des terres de Belgique. I. *Hydrobiologia*, **14**, p. 72.

DEFLANDRE, G. 1953. Ordre des Thécamoebiens. *Traité de Zoologie édité par* P. P. GRASSÉ, *Paris*, **1**, p. 97.

GRANDORI, R. L. 1943. Studi sui Protozoi del terreno. *Boll. Lab. Zool. Agr. e Bachicolt., Milano*, **5**, p. 1.

NEF, L. 1937. État actuel des connaissances sur le rôle des animaux dans la décomposition des litières de forêts. *Agricultura*, **5**, p. 245.

THOMAS, R. 1955. Thécamoebiens du sol du Jardin Botanique. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **93**, p. 157.

THOMAS, R. 1957. Remarques écologiques sur les Thécamoebiens. *Fec. Medecine Bordeaux. Travaux du laboratoire et l'Inst. Botanique*, p. 25.

THOMAS, R. 1958. Le genre *Phagiopyxis* PENARD, *Hydrobiologia*, **10**, p. 198.

THOMAS, R. 1959. Les Thécamoebiens muscicoles et terricoles : notions d'écologie générale et comparative. *P. V. Soc. Linn. Bordeaux*, **97**, *réunion du 11 avril 1959.*

Étude comparée des Thécamoebiens de trois biotopes dans trois milieux différents (*)

par Didier Chardez (**)

Dans cette étude, le terme milieu est utilisé pour désigner l'ensemble d'un site bien localisé, caractérisé entre autres par la présence de Sphaignes ou de Mousses et par la présence d'eau, celle-ci étant calme et à végétation dense, ou au contraire, vive et claire, coulant sur fond caillouteux. Ayant repéré trois milieux caractérisables sous les rapports considérés, on s'est proposé d'étudier comparativement leurs populations de Thécamoebiens, afin d'apporter des informations complémentaires sur l'écologie de ces Protozoaires et de mettre en évidence l'importance de certains caractères du milieu.

Dans chacun des trois milieux, on a effectué trois prélèvements : l'un dans le biotope aquatique proprement dit, l'autre dans le biotope muscicole ou sphagnicole, le troisième dans le sol avoisinant.

Description des milieux et des Biotopes

Milieu n° I. — Route d'Oneux, en contrebas de la route ; 14.1.1959, température de l'air : 7°, température de l'eau 3° C.

Le milieu est très humide par suite de la présence d'un ruisseau et d'une série de fossés d'irrigation, le tout alimentant une pièce d'eau assez importante, située beaucoup plus loin. L'eau permet la présence d'une grande quantité de plantes aquatiques. Il n'y a pas de Sphaignes. *Prélèvements effectués* :

1) Dans un fossé permanent riche en plantes aquatiques. pH : 7.5
2) Dans des Mousses subaériennes épigées. pH : 5.
3) Dans la terre noire au pied d'un arbre voisin. pH : 5.

Milieu n° II. — Alleur (près de Verviers) ; 1.IV.1959, température de l'air : 7°, température de l'eau : 2° C.

(*) Déposé à la rédaction le 31 mars 1960.

(**) Contribution du Laboratoire de Zoologie Générale, Institut agronomique, Gembloux. Je tiens à remercier M. le Prof. J. Leclercq pour l'aide apportée dans la mise-au-point de cette étude.

Un petit ruisseau coule rapidement sur fond rocailleux, à travers plusieurs Km de prairies et en sous-bois. Il est fortifié par les apports de nombreuses petites sources. *Prélèvements* :

4) Dans l'eau du ruisseau, parmi les plantes immergées. pH : 6.
5) Dans des Mousses subaériennes très mouillées. pH : 6.
6) Dans la terre en bordure du ruisseau. pH : 4.5

MILIEU n° III. — Route de Jalhay, dans le bois Goulet ; 1.IV.1959, température de l'air : 7°, température de l'eau : 4° C.

Plaques de Sphaignes, toujours très imbibées d'eau, sur le versant du bois. Ces Sphaignes relativement jeunes ont pris naissance sur une partie du bois rendue très humide par les écoulements d'un mince filet d'eau. Sous les Sphaignes, une terre noire grasse, fortement colonisée par des racines de Phanérogames. Ici, les biotopes aquatiques sont de petites flaques formées par l'eau qui a lavé les Sphaignes voisines par écoulement. *Prélèvements* :

7) Dans une flaque d'eau. pH : 6.
8) Dans une plaque de Sphaignes (prélèvement par expression mécanique de Sphaignes) : pH : 5.
9) Dans la terre voisine, échantillon prélevé à 10 cm de profondeur. pH : 5.5

L'identification des Thécamoebiens présents dans les 9 échantillons ainsi caractérisés a permis de dresser les tableaux qui suivent :

Liste et répartition des espèces

	I			II			III		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ARCELLA hemisphaerica Perty	×						×		
CENTROPYXIS aerophila Deflandre	×		×	×	×	×			
» *aerophila v. sphagnicola* Deflandre					×	×		×	×
» *aculeata* (Ehrbg.) Stein	×			×				×	
» *aculeata v. grandis* Deflandre	×								
» *aculeata v. oblonga* Deflandre	×			×					
» *constricta* (Ehrbg.) Deflandre	×								
» *ecornis* Leidy	×								
» *cassis* Wallich						×			
» *platystoma* (Pénard) Deflandre						×			
» *sylvatica* (Deflandre) Thomas								×	
PLAGIOPYXIS callida Pénard				×	×	×	×		×
» *callida v. grandis* Thomas		×				×			
» *declivis* Thomas		×				×			
TRIGONOPYXIS arcula (Leidy) Pénard	×		×		×				
DIFFLUGIA oblonga Ehrbg	×			×	×				
» *oblonga v. lacustris* Pénard									
» *oblonga v. parva* Thomas							×		

	I			II			III		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
DIFFLUGIA oblonga f. lata Jung	·								
» *oblonga v. cylindra* Thomas								·	
» *bryophila* (Pénard) Jung							·	·	
» *acuminata* Ehrenberg			·				·		
» *linearis* (Pénard) Gauthier-Lièvre-Thomas							·	×	
» *penardi* Hopkinson				×			·	×	
» *rubescens* Pénard								×	
» *globularis v. sphaerica* Chardez				×				×	
» *lemani v. palustris* Chardez				×					
PONTIGULASIA compressa (Carter) Cash	·			×			·		
» *compressoïdea* Jung				×				·	
DIFFLUGIELLA ovirformis (Pénard) Bonnet-Thomas			·						
» *oviformis v. fusca* Pénard			×						
PHRYGANELLA acropodia Hert et Less.	×		·		·	·		×	×
NEBELA militaris Pénard					·			×	×
» *collaris* (Ehrbg.) Leidy								×	
» *dentistoma* Pénard			·					×	
» *tincta* (Leidy) Awerintzew					·	·		×	
» *tincta f. stenostoma* Jung			·						
» *tubulosa* Penard							·	·	
» *bohemica* Taranek							·	·	
» *parvula* Cash					·				
QUADRULLELA symmetrica (Willich) Schulz	·			·	·			·	
» *symmetrica v. longicollis* Taranek	·								
HYALOSPHENIA papilio Leidy								×	
HELEOPERA rosea Pénard							·	×	
» *petricola* Leidy							·	·	×
EUGLYPHA compressa Carter					·				
» *strigosa* (Ehrbg.) Leidy			·		·	·			
» *strigosa f. glabra* Wailes			·						
» *strigosa f. heterospina* (Pénard Wailes et Pen.								×	
» *cristata* Leidy							·	×	
» *denticulata* Brown						·		×	
» *rotunda* Wailes		·		·	·			×	×
» *acanthophora* (Ehrbg.) Perty	·								
» *acanthophora v. subcylindrica* Deflandre	·								
» *tuberculata* Dujardin	·								
TRACHELEUGLYPHA dentata (Vjed.) Deflandre								×	
» *acolla* Bonnet et Thomas						·			
ASSULINA muscorum Greeff		·			·	·		·	
» *seminulum* Ehrenberg					×				

	I			II			III		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SPHENODERIA lenta Schlumberger								×	
CYPHODERIA ampulla (Ehrbg.) Leidy	×								
CORTYHION dubium Taranek					×			×	
» *dubium v. orbicularis* Decloitre					×				
» *pulchellum* Pénard					×				
TRINEMA enchelys (Ehrbg.) Leidy	×			×			×	×	
» *enchelys f. biconvexa* Awerintzew									×
» *lineare* Pénard	×	×	×	×	×	×	×	×	×
» *complanatum* Pénard		×			×	×	×		
» *complanatum v. globulosa* Chardez						×		×	×

Nombre total de formes trouvées dans chaque biotope :

Milieu I :	1) Population	aquatique :	21	espèces
	2) »	muscicole :	4	»
	3) »	terricole :	11	»
Milieu II :	4) Population	aquatique :	13	espèces
	5) »	muscicole :	20	»
	6) »	terricole :	16	»
Milieu III :	7) Population	aquatique :	17	espèces
	8) »	sphagnicole :	33	»
	9) »	terricole :	11	»

Nombre de Genres représentant chaque famille de Thécamoebiens, dans lesquatre milieux généraux à distinguer

Familles	Nombre de genres recensés dans les milieux			
	Eaux	Mousses	Sphaignes	Sols
Arcellidae	1	—	—	—
Centropyxidae	11	4	3	6
Difflugiidae	11	1	7	—
Nebeliidae	6	4	11	4
Euglyphidae	7	12	11	10
S.-O.Reticulobosa	1	1	1	3
Total	37	22	33	23

Conclusions

On peut tirer les conclusions suivantes :

1. — Le milieu III est le plus richement peuplé, sans doute en raison de la présence de Sphaignes.

2. — Les Mousses du milieu II sont plus riches que celles du milieu I, sans doute parce que le milieu II est plus riche en eau.

3. — Le milieu I est le moins riche en espèces et formes non aquatiques, alors que sa population aquatique est la plus riche de toutes.

4. — Le milieu II a fourni la population terricole la plus riche.

5. — Dans l'ensemble, il se confirme que les milieux aquatiques sont plus diversement peuplés que les sols.

7. — On peut formuler quelques généralisations relatives aux caractères écologiques des principaux genres rencontrés. *Difflugia* est essentiellement aquatique, *Nebela* est essentiellement sphagnicole, *Plagiopyxis* semble essentiellement terricole, quant à *Centropyxis*, c'est un genre surtout aquatique mais pourvu de nettes possibilités d'adaptation terricole. Par ailleurs, *Trinema lineare* et *Phryganella acropodia* sont les espèces qui se sont montrées les plus ubiquistes.

Remarques particulières sur les Difflugia

Les quelques *Difflugia acuminata* Ehrenberg observées dans le prélèvement n° 7 correspondent à une forme spéciale, d'un faciès digne d'attention.

Comparés à la forme typique, ces exemplaires ont une taille très légèrement inférieure, avec les flancs plus bombés, plus réguliers et plus lisses, cela résultant de ce que les elements du revêtement de la thèque sont généralement petits et plats. La queue est toujours presente, mais beaucoup moins importante. Le contour du pseudostome est formé de grains minuscules. Les hauteurs varient entre 160 et 170 μ. La figure 1 présente les aspects de ces *Difflugia acuminata*, les details 1c et 1d montrant plus spécialement et respectivement la queue ouverte à l'extrémité et la queue fermee à l'extremité. On y a joint la representation d'une *Difflugia rubescens* Penard qui a agglutiné deux thèques entières de *Trinema*, au cours de la construction de sa coquille. Ce comportement a ete observé plusieurs fois et semble assez fréquent chez cette espèce.

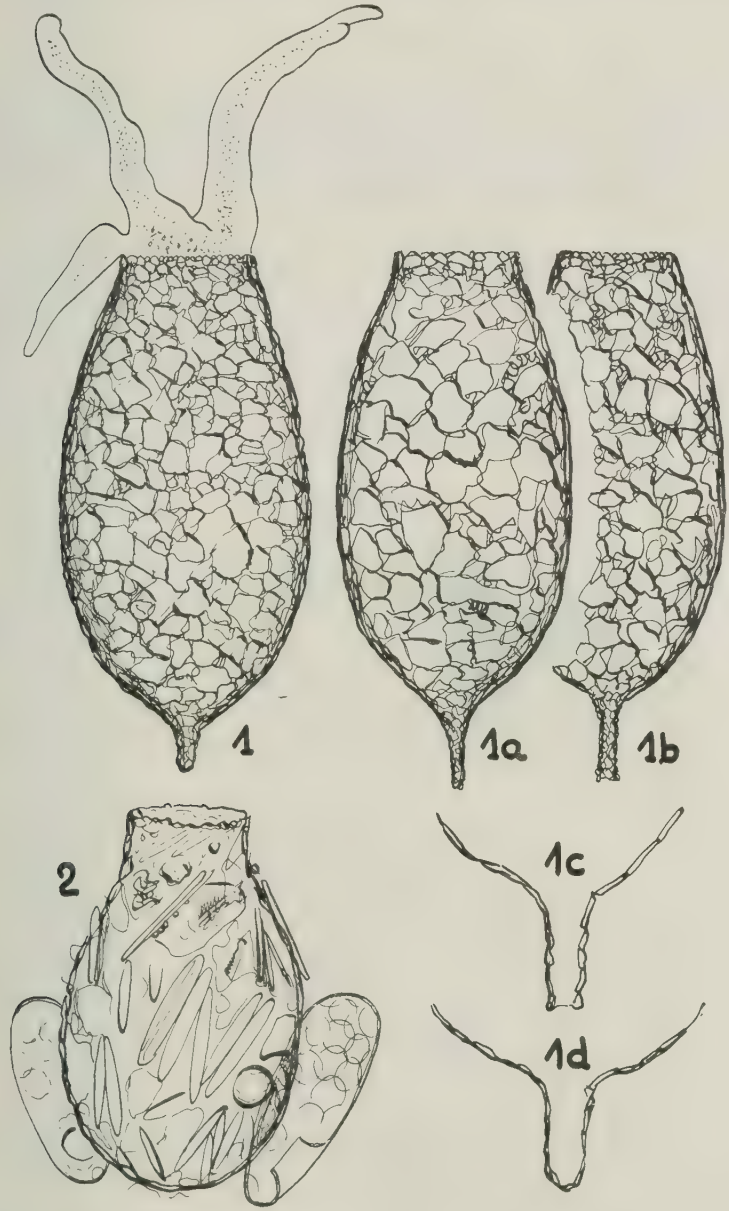

FIG. 1, 1a, 1b, 1c, 1d : *Difflugia acuminata* EHRENBERG (voir texte).

FIG. 2. — *Difflugia rubescens* PENARD, thèque ayant agglutiné deux thèques du genre *Trinema*.

SUMMARY.

Samples of *Rhizopoda Testacea* were collected in three different sites purposely selected because each of them allowed a comparison of population living in water, in mosses (or Sphagnum) and in soil, this in a small limited area. The list of forms recorded in these conditions suggests that there are important ecological differences at the species but also at the generic and family levels.

Aquatic biota include more forms than the near soil. Water availability explains also why a biota of Sphagnum is richer than biota consisting of mosses, also why mosses in damper conditions have more *Testacea* than others. Other inferences may be drawn upon examination of the tabulated details and these will serve as references, in further investigations.

Special reference is made to a peculiar form of *Difflugia acuminata* and to the habit of *Difflugia rubescens* involving the addition of *Trinema* tests to its own test.

BIBLIOGRAPHIE

DEFLANDRE, G. 1937. Adaptation stationnelle et notion de l'espèce chez les Thécamoebiens. *70e Congrès Soc. Savantes*, 1937, p. 224.

THOMAS, R. 1957. Remarques écologiques sur les Thécamoebiens. *Fac. Méd. Pharm. Bordeaux*, 1957, p. 25.

Case lysimétrique de construction relativement simple et peu coûteuse (*)

par Gustave Demortier

Contenu

Quelques considérations sur les cases lysimétriques et les cases de végétation . 140
Les caractéristiques d'une case 140
Description des éléments constitutifs d'une case 142
a) Le fond.
b) Les éléments intermédiaires
c) L'élément supérieur de la case
Les coffrages 145
a) Les coffrages proprement dits.
b) Les pièces de « base » et du « dessus ».
La réalisation, en chantier, des éléments en béton vibré 146
a) Fabrication du fond de la case.
b) Fabrication des pièces sans fond.
L'installation des cases sur le terrain expérimental 148
L'imperméabilisation des parois internes 148
Le dispositif de filtration et d'aération de la case 149
Le remplissage de la case 150
Extraction du filtrat du fond de la case 152
Cases avec niveau d'eau constant 152
Quelques avantages de ces cases en éléments préfabriqués 154
a) Au point de vue de la réalisation.
b) Au point de vue expérimental.
Quelques possibilités d'applications et de recherches 154
Résumé et conclusions 156

(*) Déposé à la rédaction le 25 mars 1960.

Quelques considérations sur les cases lysimétriques et les cases de végétation

Les cases lysimétriques en usage dans les Stations de Recherches sont généralement des constructions mono-bloc érigées à l'endroit où elles doivent être utilisées.

Le plus fréquemment, elles se présentent sous l'aspect d'importants massifs de béton armé leur assurant une résistance efficace aux intempéries et en particulier aux effets destructeurs de la gelée.

Des coffrages en relation avec l'ampleur de la construction ont été nécessaires pour réaliser un nombre de cases relativement restreint.

Dans ces conditions, le prix de revient d'une case formant une des pièces de ces gros ouvrages d'art est relativement élevé.

Si l'on tient compte, en outre, que la conduite des cases lysimétriques et l'analyse régulière des filtrats imposent de nombreuses prestations au personnel, on conçoit aisément que les cases lysimétriques soient peu nombreuses dans les Stations de Recherches et qu'elles ne permettent l'étude que d'un petit nombre de questions.

Cependant, la technique des cases lysimétriques et des cases de végétation permet d'aborder des problèmes difficilement solutionnés par la technique des vases ou des parcelles expérimentales.

Grâce à l'acquisition récente d'un terrain expérimental par la Station de Chimie et de Physique agricoles, il est possible de pouvoir, dès à présent, la doter d'un groupe de cases dont les caractéristiques sont données ci-dessous.

Le prix de revient, par case, est nettement inférieur à celui des types dits classiques ; en outre, ces cases offrent de nombreux avantages techniques qui seront examinés au cours de cet exposé.

Les caractéristiques d'une case.

Ce modèle de case se prête bien à l'exécution en chantier des éléments constitutifs ; ces éléments constitutifs sont de deux types : le fond de la case et un certain nombre d'éléments identiques, mais sans fond, venant se superposer.

Du nombre d'éléments superposés, dépend, à volonté, la profondeur de la case.

La couche explorable par les racines peut varier ainsi de 50 cm. à plusieurs mètres, suivant les nécessités des travaux de recherches envisagés.

La figure 1 représente une coupe verticale et schématique d'une case formée d'un fond et de trois éléments « intermédiaires » ou sans fond, permettant d'amener dans cette case une couche de terre de 1,50 m. d'épaisseur.

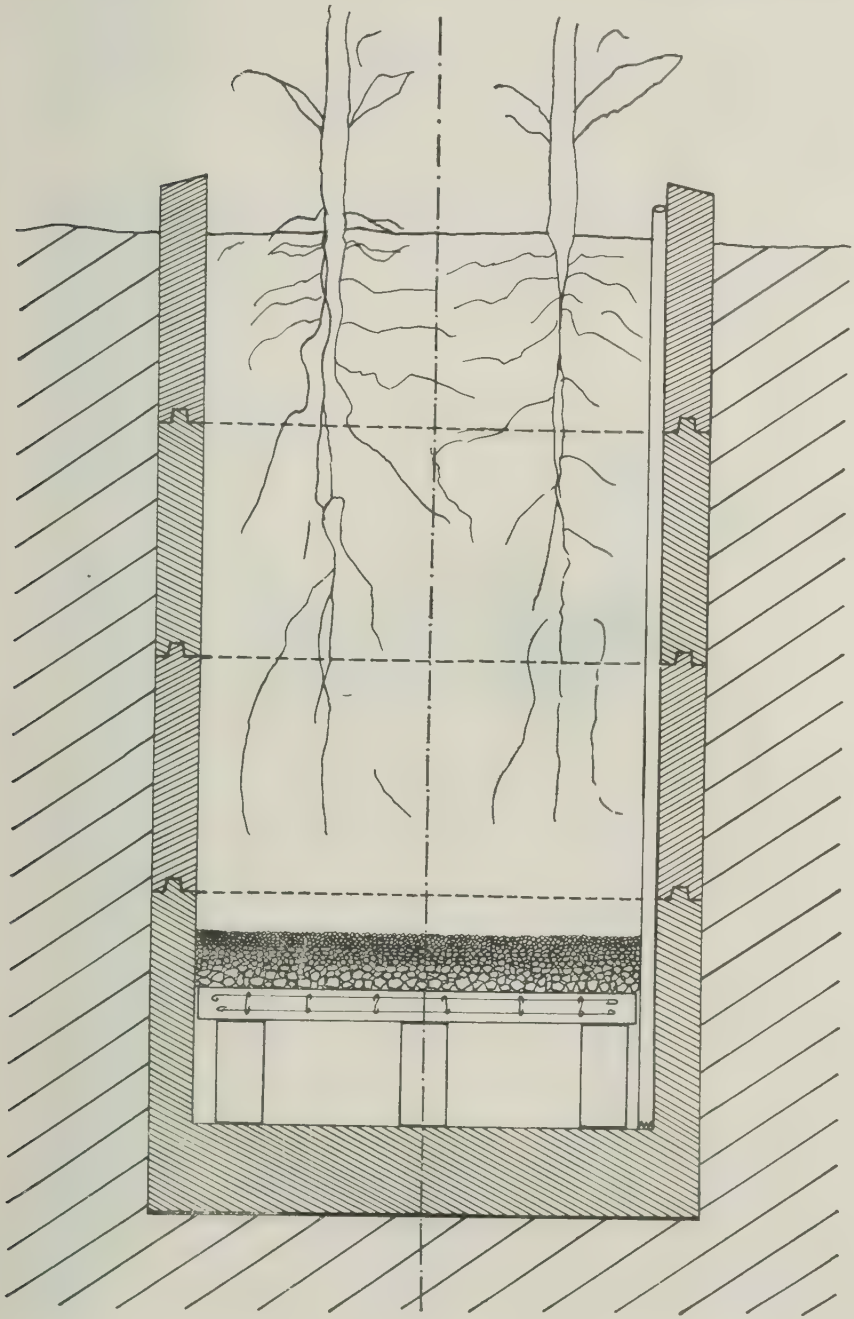

Fig. 1.

Par construction, la surface de la terre exposée aux agents atmosphériques est un carré parfait d'un mètre de côté.

DESCRIPTION DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS D'UNE CASE.

a) *Le fond* (figure 2).

Comme les autres éléments constitutifs de la case, le fond est préfabriqué au chantier de bétonnage ; le même coffrage sert pour la réalisation du fond et des diverses sections qui le surmontent. De ces considérations on peut conclure que le prix de revient d'une case est réduit au minimum.

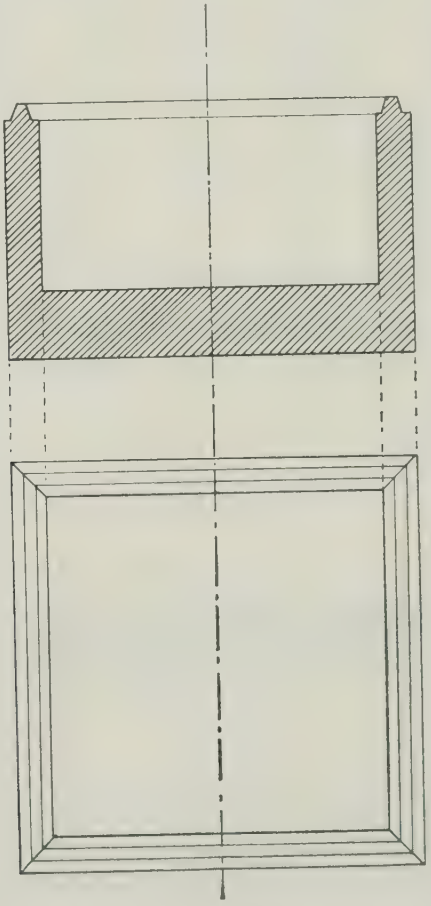

FIG. 2.

L'élément formant le fond de la case est essentiellement constitué d'un récipient de section carrée dont la base, armée préférablement, présente une épaisseur de 20 centimètres ; ce fond est surmonté de parois latérales armées, de 10 centimètres d'épaisseur et de 50 centimètres de hauteur.

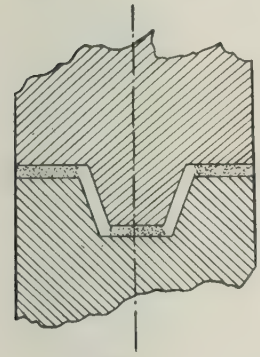

Fig. 3.

L'intérieur de la cuve est un carré d'un mètre carré de surface ; les dimensions extérieures, par suite de l'épaisseur de 10 centimètres des parois, étant de 120 centimètres.

Le bord supérieur du fond présente une proéminence centrale de section trapézoïdale (figure 3) dont les dimensions, en coupe, sont les suivantes :

hauteur : 25 millimètres,
grande base : 40 millimètres,
petite base : 20 millimètres.

Il reste, de part et d'autre de la grande base, 30 millimètres pour atteindre les bords extérieur et intérieur de la case.

Cette proéminence s'engage dans une gorge correspondante construite dans la base de l'élément qui le surmonte.

Les dimensions de cette section trapézoïdale sont :

hauteur : 25 millimètres,
grande base : 50 millimètres,
petite base : 30 millimètres.

Il reste, de part et d'autre de la grande base, 25 millimètres pour atteindre le sbords extérieurs de la case.

Ce dispositif a pour but de s'opposer au passage des liquides et des racines de part et d'autre de la paroi de la case. Cette opposition est accrue et rendue totale en coulant un ciment spécial entre les deux éléments au moment de l'assemblage des sections.

On peut également placer entre ces deux éléments des bourrelets de caoutchouc souple ou de matière plastique «mousse» qui, sous le poids de la masse, s'aplatit et adhère fortement aux surfaces en présence sur le pourtour de la section (figure 3).

b) *Les éléments intermédiaires*, en nombre variable suivant la profondeur de la case, ont, par construction, 50 centimètres de hauteur (figure 4).

La base présente cette encoche qui peut recouvrir le bord supérieur du fond ou d'un élément intermédiaire sous-jacent.

Les parois, en béton vibré, ont également une épaisseur de 10 centimètres.

Les sections trapézoïdales qui permettent un emboîtement convenable

des sections sont identiques pour tous les éléments constitutifs des cases et correspondent à celles qui sont données ci-dessus, c'est-à-dire :

Section trapézoïdale du dessus (proéminence) :

hauteur : 25 millimètres,
grande base : 40 millimètres,
petite base : 20 millimètres.

Il reste, de part et d'autre de la grande base, une surface plane de 30 millimètres de large.

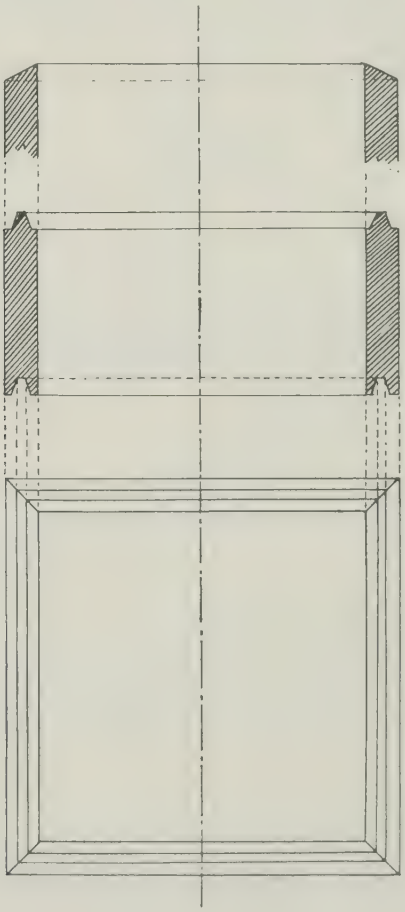

FIG. 4

Section trapézoïdale de la base de la section (creux) :

hauteur : 25 millimètres,
grande base : 50 millimètres,
petite base : 30 millimètres.

Il reste, de part et d'autre de la grande base, une surface plane de 25 millimètres de large.

c) *L'élément supérieur de la case*, c'est-à-dire celui qui apparaît en partie au-dessus du niveau du sol, ne présente pas à la partie supérieure, le rebord trapézoïdal des éléments enterrés. Ce rebord trapézoïdal est remplacé par un plan incliné dont la pente est dirigée vers l'extérieur de la case (fig. 5).

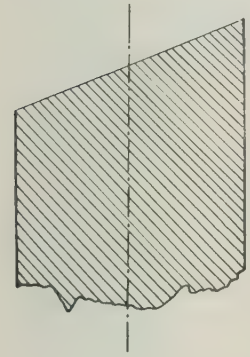

FIG. 5.

Cette particularité empêche les précipitations aqueuses qui tombent sur ce bord de passer à l'intérieur de la case.

La surface de réception des précipitations de la case est donc, de ce fait, d'un mètre carré. Ce dispositif permet de faire le rapport entre la quantité d'eau tombée sur la case, et celle qui est indiquée par les pluviomètres ou les pluviographes installés avantageusement dans le voisinage immédiat des cases.

Quant à la base de cette section, elle se présente, comme celle des éléments intermédiaires, un « creux » de section trapézoïdale qui s'engage dans la proéminence de la section sous-jacente.

LES COFFRAGES.

Afin de permettre la réalisation d'un nombre important de pièces ayant les mêmes dimensions, les coffrages prévus sont formés de pièces métalliques en tôle épaisse renforcée judicieusement pour éviter toute déformation lors de la vibration de la masse.

La partie extérieure du coffrage, de deux pièces, se sépare sans difficultés après coulage du béton, sa vibration et son durcissement.

Quant à la partie intérieure, la facilité et la rapidité de son enlèvement après durcissement requièrent des dispositifs particuliers (verrouillage des sections des parois) qui doivent résister parfaitement aux pressions exercées lors de la vibration.

On peut mentionner brièvement les différents éléments constitutifs des coffrages et donner, en même temps, une description sommaire de la construction d'une case.

a) *Les coffrages proprement dits.*

Pour réaliser l'ensemble des cases, les coffrages suivants sont nécessaires et suffisants :

n° 1. Un coffrage sans fond pour le moulage des fonds d'une hauteur de 200 millimètres et de dimensions internes de 1200 millimètres. Ce coffrage doit former un carré parfait (angles de 90°) (diagonales égales). Démoulage facile car ce moule est de deux pièces.

n° 2. Un coffrage externe de 750 millimètres de haut et de 1200 millimètres (dans sa partie interne, c'est-à-dire en direction du centre de la case) ; il forme un carré parfait s'adaptant exactement sur le « fond » du n° 1. Démoulage facile : moule de deux pièces.

n° 3. Un coffrage externe de 550 millimètres de hauteur formant un carré parfait de 1200 millimètres de côté (partie interne de ce coffrage, c'est-à-dire, en direction du centre de la case). Carré parfait = angles de 90° ; diagonales égales. Démoulage facile : moule de deux pièces.

n° 4. Un coffrage interne de 550 millimètres de hauteur.
Dimensions = 1000 millimètres pour la partie externe de ce coffrage, c'est-à-dire du côté opposé au centre de la case ; carré parfait : angles de 90° ; diagonales égales.
Un système de verrouillage à la fois solide pour résister aux vibrations et pratique pour permettre un démoulage aisé et rapide est prévu.

b) *Les pièces de « base » et du « dessus ».*

Ces pièces font partie du coffrage ; elles sont destinées à produire les proéminences de section trapézoïdale en haut et les encoches correspondantes en bas des sections intermédiaires (sauf pour le fond qui présente seulement le bourrelet trapézoïdal du dessus).

Les pièces de base, au nombre de cinq pour assurer un travail continu et rapide au chantier, sont en fonte malléable et présentent une section telle qu'au démoulage elles fournissent les « creux » de dimensions prévues (fig. 6).

Les pièces du dessus viendront s'adapter sur le dessus du coffrage de fond ou des sections intermédiaires lorsque la plus grande partie du béton aura été coulée et vibrée : la pose de ces pièces permettra de réaliser le bourrelet trapézoïdal du dessus des fonds et des sections intermédiaires (fig. 7).

La réalisation, en chantier, des éléments en béton vibré.

a) *Fabrication du fond de la case.*

Le coffrage de fond (n° 1) est placé sur une aire en béton, bien plane. La forme carrée de coffrage étant vérifiée et assurée, le béton est coulé et vibré.

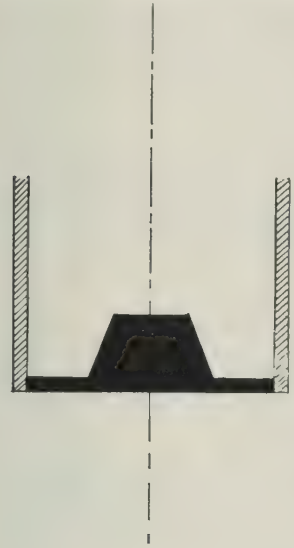

Fig. 6

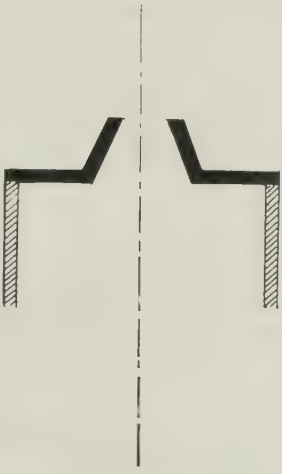

Fig. 7.

Le fond atteint l'épaisseur prévue de 200 millimètres d'épaisseur sur 1200 millimètres de côté. On lisse sommairement la face supérieure et on décoffre dès que possible.

On place autour du fond de béton qui vient d'être vibré le coffrage externe (n° 2) de 750 millimètres de hauteur.

Sur le fond de béton, est placé le coffrage interne, lequel est maintenu et centré par des entretoises.

On commence le remplissage du moule et effectue la vibration à l'aide de deux vibrations ; on remplit le moule jusqu'à environ 500 mm. de hauteur avant d'enclancher les deux autres vibrateurs.

Placer, à la partie supérieure du coffrage, la pièce destinée à réaliser le bourrelet trapézoïdal ; vibrer ; après arrêt de la vibration, parachever la partie supérieure avant de décoffrer.

b) *Fabrication des pièces sans fond.*

La « pièce de base » en fonte malléable est posée sur base bétonnée bien plane et horizontale.

Le coffrage interne (coffrage n° 4), assemblé, est introduit à l'intérieur de la pièce de base. Placer ensuite le coffrage externe (coffrage n° 3).

Le béton est versé dans le fond du coffrage et sont enclanchés deux vibrateurs.

Continuer le remplissage en mettant en action les deux autres vibrateurs.

Placer la pièce du « dessus » ; vibrer. Arrêter la vibration et parachever la partie supérieure.

Décoffrer en commençant par le coffrage interne.

Pour la section formant le dessus de la case.

La pièce métallique du dessus devant fournir un bourrelet de section trapézoïdale sera remplacé par une autre pièce plus simple pour permettre de donner à la partie supérieure de la case une inclinaison de 60° vers l'extérieur de la case.

L'installation des cases sur le terrain expérimental.

Les cases étant enfoncées dans le sol de manière telle que le bord supérieur dépasse d'environ 10 centimètres de son niveau, il est nécessaire de réaliser d'abord les travaux de terrassement.

Le fond est placé bien horizontalement afin d'assurer la verticalité des parois ; en outre, suivant le plan général de l'installation, les différentes cases seraient placées suivant les alignements prévus (par exemple : figure 12).

Sur le fond viendront se placer successivement les différentes sections intermédiaires ainsi que l'élément supérieur.

Entre chaque section, les joints de ciment ou de matière plastique seront appliqués afin d'assurer l'étanchéité des parois.

L'imperméabilisation des parois internes.

Les parois internes sont lavées à différentes reprises à l'eau de pluie afin d'enlever la plus grande partie des sels calciques présents dans le béton.

Lorsque les parois sont séchées on a le choix pour appliquer diverses substances qui résistent aux actions dissolvantes des racines et des micro-organismes.

A titre indicatif, une succession de couches de matières plastiques adhérant parfaitement au ciment donne de bons résultats comme revêtement intérieur des citernes à eau de pluie. Il est nécessaire de prendre des précautions au point de vue de la sécurité du travail, car le dissolvant de ces matières plastiques peut causer des intoxications.

Une couche de fond adhère fortement au ciment ; elle peut être appliquée à la brosse ou en pulvérisation ; lorsque cette couche est bien durcie, normalement après 24 heures, on peut appliquer la deuxième couche qui adhère bien sur la première ; on peut d'une manière identique appliquer plusieurs couches successives qui augmentent l'épaisseur de la couche de matière plastique qui sépare la terre et le système radiculaire des plantes des parois de ciment de la case.

Les différents « accessoires » en béton qui forment le fond filtrant de la case, recevront également les couches de matières plastiques après lavage à l'eau de pluie.

LE DISPOSITIF DE FILTRATION ET D'AÉRATION DE LA CASE.

Sur le fond de la case sont posés neuf piliers en forme de parallélipipède rectangle de section carrée de 100 mm × 100 mm et de 150 millimètres de hauteur.

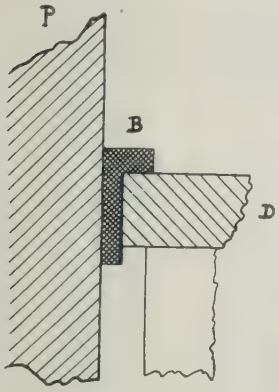

FIG. 8.

Ces neufs piliers placés aux quatre coins, au centre et au milieu des faces latérales, supportent une dalle en béton armé de 980 millimètres de côté et de 150 millimètres d'épaisseur.

L'espace de 10 millimètres laissé entre la dalle D (figure 8) et la paroi P de la case est occupé vis-à-vis de chacune des faces par 3 petits blochets B de béton en forme de L renversé d'une largeur de 100 millimètres qui étançonnent les parois P de la case et leur assurent une résistance à toute épreuve contre la poussée extérieure des terres.

Entre les 12 blochets restent des espaces libres qui seront partiellement comblés par des galets (silex roulés) de plus ou moins 15 millimètres et par où les filtrats pourront tomber au fond de la case.

Le renforcement de la résistance des parois du fond contre les poussées de l'extérieur est très efficace et réalisé à l'aide d'un petit matériel en béton d'un prix minime et d'une exécution aisée.

Le renforcement des parois latérales des sections supérieures renfermant de la terre servant à l'expérience n'est pas nécessaire car les poussées s'équilibrent à l'intérieur et à l'extérieur de la paroi.

Suivant l'une des arêtes latérales intérieures de la case, pénètre du haut en bas un tube T (figure 9) de matière plastique rigide de 3-4 centimètres de diamètre et d'environ 3 mm. d'épaisseur ; le tube présente, à la partie inférieure touchant le fond, F, de la case, des encoches, E, permettant le passage de l'air ; suivant les conditions opératoires ou expérimentales que l'on désire créer ou réaliser, le dessus du tube peut être fermé hermétiquement à l'aide d'un bouchon B en caoutchouc pour éviter l'accès de l'air au fond de la case ou d'un capuchon C qui empêche des corps solides ou liquides de tomber au fond de la case ; il permet, néanmoins, une circulation libre de l'air et des gaz ; on peut ainsi viser à l'obtention de conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose du milieu, plus ou moins marquées.

Un tube de verre ou de matière plastique rigide ou semi-rigide peut pénétrer aisément jusqu'au fond de la case à l'intérieur de ce gros tube ; à l'aide d'un système d'aspiration approprié, décrit plus loin, le filtrat peut être extrait du fond de la case.

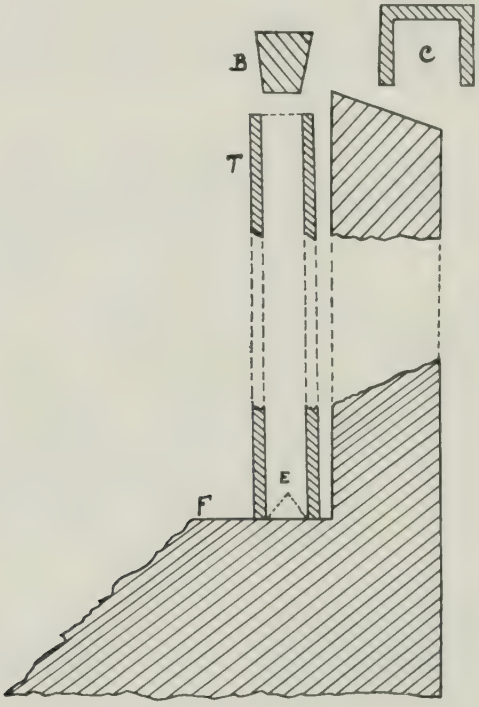

FIG. 9

LE REMPLISSAGE DE LA CASE.

En relation avec le programme des recherches envisagées, le remplissage sera exécuté suivant les meilleures techniques requises. Si nous prenons comme exemple la mise en place d'un « profil pédologique » d'un mètre cinquante de profondeur, nous pouvons envisager la succession des opérations suivantes :

On commence par la mise en place des 9 piliers supportant la dalle ; celle-ci est coincée entre les parois à l'aide des douze petits blochets de béton.

Le gros tube de matière plastique est placé suivant l'arête prévue lors du plan d'ensemble.

Sur la dalle sont versées par couches horizontales successives les gros

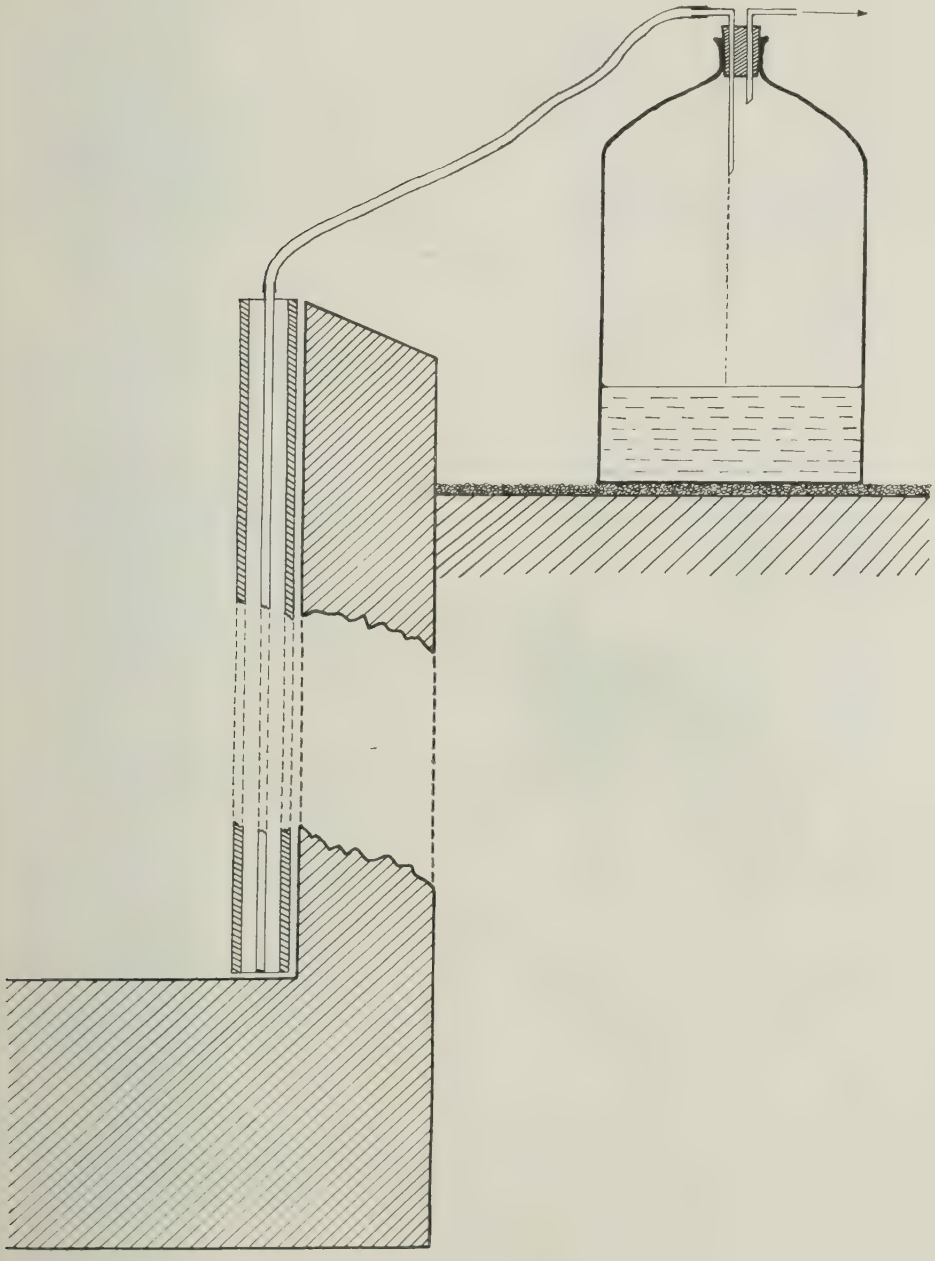

FIG. 10.

graviers de silex (diamètre plus ou moins 25 mm.), les silex de grosseur moyenne (diamètre plus ou moins 7,5 mm.), du silex fin (diamètre plus ou moins 1 mm.) et du sable à gros grains.

Cet ensemble forme le filtre s'interposant entre les particules fines du sol et le réservoir que forme le fond de la case.

S'il s'agit de la mise en place d'un « profil pédologique », celui-ci aura été enlevé horizon par horizon avec toutes les précautions requises jusqu'à la profondeur fixée, par exemple, un mètre cinquante.

Ces différents horizons viendront se superposer en sens inverse, afin de reproduire avec le maximum de fidélité possible le profil dans sa situation naturelle.

Extraction du filtrat du fond de la case.

Matériel nécessaire (figure 10).

Une pompe à vide permet de créer une dépression dans une bouteille d'une contenance d'une vingtaine de litres ; le bouchon porte trois tubes de matière plastique dure ; l'un est en relation avec la pompe, le second met le récipient en relation avec le fond de la case par l'intermédiaire d'un tube de verre ou de plastique dur dans la case elle-même ; il est avantageux de relier le fond de la case à la bouteille à l'aide d'un tube de matière plastique demi-dure.

Éventuellement un troisième tube, terminé par un robinet, permet d'arrêter l'aspiration en laissant pénétrer l'air atmosphérique dans la bouteille lorsque celle-ci est remplie.

Dans les installations lysimétriques, les bouteilles et tous les accessoires nécessaires pour l'exécution des analyses portent les indications caractéristiques de la case dont les liquides sont originaires.

Cases avec niveau d'eau constant.

Il y a peu de différences dans la succession des opérations décrites ci-dessus entre les cases à fond filtrant et celles où le niveau de la nappe phréatique est maintenu constant.

On pourrait ajouter, dans le gros tube de matière plastique dure plongeant au fond de la case, un flotteur permettant de renseigner extérieurement le niveau de l'eau dans la case.

Comme dans les autres types de cases, le liquide du fond peut être extrait et renouvelé périodiquement à l'aide du dispositif d'aspiration décrit précédemment.

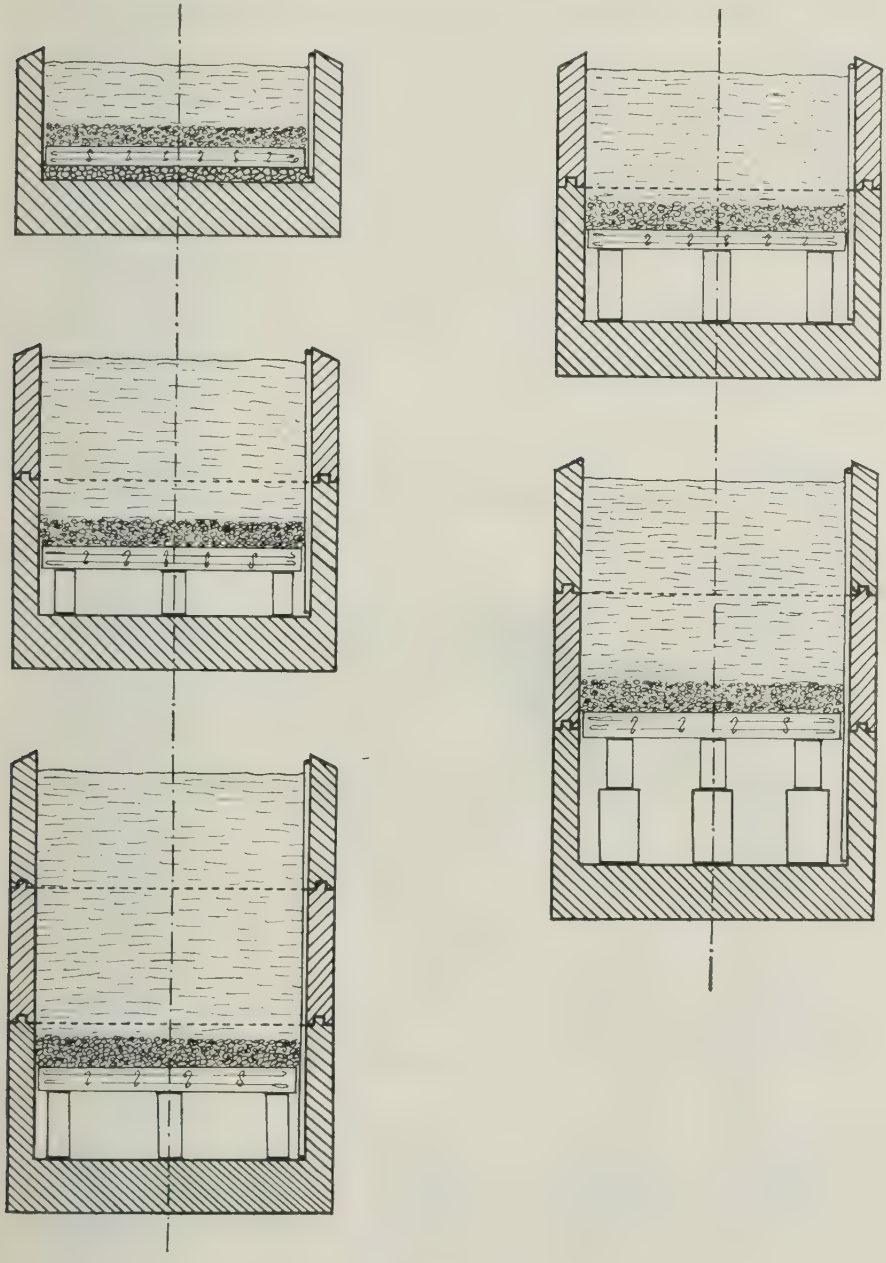

Fig. 11

QUELQUES AVANTAGES DE CES CASES EN ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS.

a) *Au point de vue de la réalisation.*

La possibilité de pouvoir exécuter les cases en éléments préfabriqués, en chantier, permet la vibration du béton et une exécution soignée grâce au matériel dont il dispose.

Les mêmes coffrages sont employés pour un nombre important de cases et s'ils sont formés de panneaux standardisés tels que peuvent les fournir certaines firmes protégées par des brevets, les cases sont toutes identiques.

Le processus étant techniquement intéressant, il l'est également au point de vue économique surtout si l'on envisage la réalisation d'un nombre important de cases.

b) *Au point de vue expérimental.*

Étant entourée de toute part par le sol en place servant de chemin d'accès (fig. 12), chaque case se trouve dans des conditions de milieu que l'on peut considérer comme identiques par rapport à ses voisines.

Les cases formant la bordure du groupe pourraient subir des effets d'éclairement différents de celles qui sont situées à l'intérieur ; il peut être remédié à cet état en soumettant aux mêmes cultures que celles des cases, en bordure du bloc, de petites parcelles d'un mètre carré placées symétriquement par rapport aux cases (fig. 12).

Quant au « climat » du sol de la case et plus particulièrement en ce qui concerne son profil thermique, il est probable que son évolution est très voisine de celle du sol extérieur.

L'enveloppe de béton vibré pourrait marquer une influence uniforme sur l'ensemble des cases en ce qui concerne les échanges calorifiques ; comme il s'agit généralement d'essais comparatifs, ce facteur ne sera pris en considération que dans certains cas particuliers.

QUELQUES POSSIBILITÉS D'APPLICATIONS ET DE RECHERCHES.

La case peut fonctionner indifféremment comme lysimètre ou comme case de végétation.

Le lysimètre permet, évidemment, toutes les études classiques inhérentes à cette technique, par exemple :

— le bilan en eau,
— le bilan des éléments biogéniques,
— l'étude de l'évapo-transpiration, etc.,

grâce à la possibilité de pouvoir superposer un nombre variable d'éléments de 50 cm. de hauteur, on peut réaliser aisément des cases de même section et de hauteurs différentes ; de ce fait, des recherches peuvent être

entreprises sur des «profondeurs» de sols variables au gré de l'expérimentateur (fig. 11),

— il est possible de maintenir la nappe phréatique à une distance connue du niveau de la surface du sol et d'étudier cette influence sur les types de sols placés dans la case,

— on peut également envisager de placer le milieu explorable par les racines dans des conditions d'aérobiose ou d'anaérobiose plus ou moins marquées par l'introduction d'atmosphères artificielles d'oxygène, d'azote, d'anhydride carbonique, etc.,

— si l'on n'envisage pas l'analyse des filtrats en provenance des cases, on peut, comme dans la technique des vases de végétation, recycler le liquide filtré afin de maintenir constante la quantité d'éléments biogéniques présents dans le sol et apportés par la fumure.

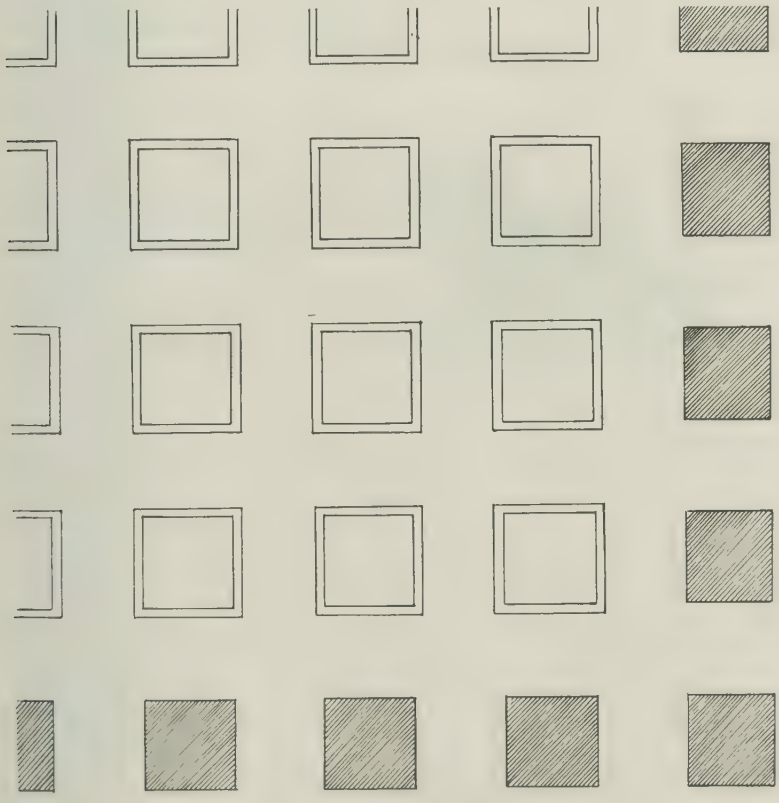

Fig. 12

Les cases, qui sont de grands vases de végétation, pourront permettre les essais sur des plantes atteignant un fort développement, par exemple, sur les cultures fruitières et forestières au cours des premières années de leur développement, les arbustes ornementaux, etc...

Les cases, étant enterrées, peuvent résister aux intempéries, notamment au gel, et assurent ainsi la possibilité de suivre une succession de cultures formant une ou plusieurs rotations, étudier l'arrière-action des engrais, la permanence d'action des amendements humiques et des « conditionneurs » de sols, l'évolution du profil sous l'influence de la nappe phréatique à des profondeurs variables, les modifications apportées aux propriétés physiques, chimiques et microbiologiques du sol, etc...

Sur le plan national ou international, l'étude de la productivité relative et de l'évolution de sols en provenance de régions très diverses et transportés plus ou moins loin de leur pays d'origine et placés côte à côte dans les mêmes conditions climatiques pourrait faire l'objet d'un vaste plan de recherches portant sur plusieurs décennies .

Résumé et conclusions.

Le type de case présenté ici est décrit tant au point de vue de la construction que de son fonctionnement.

Il offre de multiples avantages : un prix de revient relativement peu élevé, la possibilité de former d'importantes installations de recherches, de fonctionner indifféremment comme lysimètre ou comme case de végétation.

Il est rappelé brièvement quelques unes des nombreuses possibilités de recherches qu'offre la technique des cases.

Aménagement intensif ou extensif des forêts tropicales (*)

Camille A. Donis.

Dans cette étude, l'aménagement est considéré comme l'ensemble des opérations qui ont pour but de réglementer l'exploitation d'une forêt en vue des besoins de l'homme.

Il est intensif lorsqu'il accumule le travail et le capital sur un terrain relativement restreint, tandis qu'il est extensif lorsqu'il exige peu de frais pour un terrain étendu.

En fait, le problème de l'intensité de l'aménagement des forêts examine des solutions dont les limites sont d'une part l'exploitation de cueillette de quelques arbres disséminés, non accompagnée d'opérations culturales, et d'autre part, le traitement intensif de séries d'exploitations normales répondant à des besoins précis.

De telles séries normales, par exemple à base d'*Épicéa* en Ardenne belge, assurent, par une production annuelle moyenne par ha de 9 m^3, un revenu de quelque 5.600 F., les frais de gestion correspondants étant de l'ordre de 300 F., et ceux de régénération de l'ordre de 600 F.

Mais l'intensification de l'aménagement des forêts tropicales résulte rarement d'un propos délibéré. Elle dérive naturellement de la charge humaine de plus en plus grande imposée aux sols tropicaux, amenuisant à l'extrême les terres disponibles aux productions forestières Elle est donc une conséquence de la poussée demographique et des pratiques extensives de l'agriculture et de l'élevage Elle est soumise d'autre part, à des réserves inhérentes à la nature et à la technicité des productions forestières, à la nature des besoins et au manque d'élasticité relatif du traitement des forêts.

Cet exposé, forcément synthétique, examine une hiérarchie de tendances économiques et sociales, qui imposent une intensification de l'aménagement des forêts tropicales, et les conditions juridiques et techniques qui peuvent la rendre possible.

(*) Déposé à la rédaction le 14 mai 1960.

Dès que la paix et la tranquilité publique sont réalisées en région tropicale, des communautés s'organisent et se développent parallèlement à des courants d'échanges.

Le développement en zones centrifuges des aires de cultures vivrières augmente progressivement l'éloignement des champs et des ressources forestières ; l'accroissement démographique peut – et a amené dans de nombreuses régions une disparition quasi totale de toute végétation forestière. C'est le processus classique de la dégradation des sols et de la végétation, en l'absence de méthodes agricoles et d'élevage autres qu'extensives.

Et cependant, dans ces mêmes régions, la nécessité de l'amélioration des conditions de vie des populations ne peut davantage se dispenser de satisfaire les besoins en bois que ceux en produits de culture ou d'élevage.

Une première approche du problème forestier tropical est donc essentiellement politique.

Par l'examen et l'estimation des besoins présents et futurs domestiques et industriels locaux et éventuellement d'une production d'exportation - considérant en outre les productivités stationnelles, *une définition du domaine forestier permanent doit être précisée en superficie et en localisation.*

Cette première manifestation de l'intensification nécessaire de l'aménagement des forêts tropicales se situe obligatoirement au niveau du planning régional et national de l'exploitation des ressources naturelles.

Il est opportun de préciser ici que, à chaque niveau de situation démographique, de commodités de vie et d'habileté technique d'une population, correspondent des conditions d'équilibre d'exploitation des ressources naturelles régionales au delà desquelles il n'y a d'autres situations possibles que les progrès techniques, la dépendance, la détérioration du milieu et des conditions de vie ou le contrôle des naissances.

La définition du domaine forestier permanent ne peut valablement se faire sans l'examen des considérations ou des éléments suivants :

a) La connaissance statistique des besoins locaux ou d'une production d'exportation ;

b) Le pronostic de l'évolution de ces mêmes besoins sous des conditions de vie futures ou de nouvelles distributions géographiques pouvant resulter des deplacements de populations (gîtes agricoles ou miniers, centres industriels nouveaux, transports) ;

c) Des travaux de planning régional résultant d'une étude des grands groupes de sols et précisant les sols ou stations qui pourront être affectés à la production forestière ;

d) Une connaissance ou une estimation de la productivite de ces stations ;

e) Les décisions d'affectation des terres, à l'occasion du planning, doivent s'inspirer de l'intérêt général sous le triple aspect de la culture, de l'élevage et de la forêt, à l'exclusion des fréquentes rivalités de spéculations ou de services. Elles ne doivent pas nécessairement reléguer les productions forestières, destinées à la satisfaction des besoins locaux, aux stations à faible productivité.

C'est là une vérité qu'il ne faut pas craindre de répéter aux agriculteurs des pays tropicaux, en leur souhaitant un plein succès dans leur recherche d'un succédané plus intensif et moins destructeur au système de cultures divagantes.

Il ne faut pas craindre non plus de leur citer l'exemple de la plaine du Pô où la populiculture est dans de nombreux cas une spéculation plus rentable et plus commode que les cultures intensives traditionnelles ;

f) Mise à part une certaine antériorité justifiée par la longueur des échéances forestières, toutes les mesures en faveur d'une meilleure exploitation raisonnée des ressources forestières n'ont de sens que si elles se développent parallèlement à des efforts généraux portant sur l'amélioration ou le développement de l'éducation, de l'agriculture, de l'élevage et des industries ;

g) Au stade du planning régional ou national, la définition du domaine forestier permanent doit s'accompagner des dispositions préliminaires suivantes :

— les mesures matérielles et juridiques de conservation ;
— la précision des structures juridiques et financières des productions forestières ;
— l'organisation d'un service de gestion spécialisé.

La définition du domaine forestier permanent, au stade du planning régional ou national, entraîne des conséquences importantes ;

a) Elle adopte d'emblée, dans bien des cas, une position de repli et procure ainsi des chances d'éviter les conflits, toujours désagréables, et les pertes d'efforts résultant de l'effritement d'un domaine forestier trop vaste ou inadéquat quant aux stations ou localisations ;

b) Elle permet, ce qui est essentiel dans les pays tropicaux sous-développés, une concentration des rares moyens techniques et financiers sur les domaines présentant le maximum de garanties d'avenir ;

c) Elle peut présenter, ainsi qu'on le verra plus loin, de précieuses possibilités d'autofinancement des travaux.

Le domaine forestier permanent, que les considérations qui précèdent ont amené à définir, peut présenter des structures diverses.

Il peut être entièrement domanial (domaine privé de l'État) et relever

exclusivement de la plus haute autorité gouvernementale du pays. Il peut également grouper des fonds relevant de la propriété collective aux divers niveaux de l'exercice de l'autorité officielle (forêts communales, provinciales) ou des établissements publics. Enfin, conjointement à ces deux formes de propriété officielle, la participation des biens privés à la production peut être non négligeable.

Le statut juridique du domaine forestier permanent dépendra donc essentiellement du régime politique et des impératifs du régime foncier coutumier.

Mais le statut juridique, qui conditionne évidemment les problèmes de financement des travaux initiaux, importe peu pour autant que les caractéristiques suivantes soient réalisées.

Le domaine forestier permanent doit être libéré de tous droits d'usage ; il doit respecter la primauté des intérêts des populations locales ; il doit être soumis à la gestion d'un service spécialisé, conformément à la politique générale forestière et économique.

Enfin, la totalité de la production forestière régionale ne doit pas nécessairement provenir du domaine forestier permanent ; des productions essentiellement individuelles peuvent s'arroger une participation importante à la satisfaction des besoins locaux (bosquets individuels, récupération des jachères forestières, productions dérobées comme les prés-bois, les alignements, les grosses haies ou les arbres d'ombrage).

Mais les considérations qui précèdent ne seraient que vues de l'esprit si elles n'étaient évoquées dans le cadre des situations actuelles qui peuvent se présenter dans les régions tropicales, avant d'aborder les problèmes techniques proprement dits.

La décision nécessaire d'une planification de l'exploitation des ressources naturelles d'une région tropicale peut intervenir — en ce qui concerne les ressources forestières — dans trois situations principales :

a) Lorsqu'il y a carence de bois ;

b) Lorsque le taux de boisement actuel correspond approximativement à ce qu'il devrait être pour satisfaire les besoins locaux, sans toutefois que des mesures de traitement soient prises ;

c) Lorsqu'il y a pléthore de forêts.

En cas de carence de bois, il est bien connu que le manteau végétal se distribue entre des jachères herbacées et des savanes plus ou moins dégradées ; la végétation forestière y est souvent reléguée à des formes de dégradation extrêmes limitées aux formations marécageuses ou inaccessibles et — en tous cas comme telles — peu utiles à la production ou peu productives.

Dans ces conditions, la constitution du domaine forestier permanent y

est d'autant plus urgente qu'elle rencontre souvent énormément de difficultés politiques ; la réhabilitation des sols et leur inclusion dans un programme de production forestière nécessite souvent des améliorations foncières ; à moins de programmes industriels particuliers et une conversion radicale, conséquente, de l'activité économique d'une partie de la population, la production forestière s'intéresse avant tout aux besoins locaux et aux productions dérobées ; les travaux de boisement et d'améliorations foncières, principales techniques en cause, dépendent soit d'efforts individuels ou groupés, soit d'argent entièrement frais ou, en tout cas, ne provenant pas de revenus forestiers locaux.

Lorsque le taux de boisement est approximativement adéquat, les formations forestières, généralement perturbées, sont confinées aux stations les moins appréciées par l'agriculture ou l'élevage à cause des particularités édaphiques, de leur accessibilité difficile, de leur éloignement ou des conditions sanitaires.

Si la solution des problèmes forestiers et l'intensification de l'aménagement des forêts y présentent un caractère moins urgent ou moins tragique que dans la situation de carence décrite plus haut, il faut signaler que la constitution et le maintien d'un domaine forestier adéquat et rationnellement conçu et traité y dépend tout autant, soit de l'amélioration intensive de l'agriculture et de l'élevage – activités concurrentes – libérant les terrains nécessaires, soit d'une conversion de l'activité économique d'une partie de la population.

Les problèmes techniques soulevés ici peuvent être également des problèmes de reboisement et / ou d'améliorations foncières, ou bien des traitements d'amélioration, de conversion ou d'enrichissement des forêts subsistantes.

Outre les efforts individuels ou groupés, les travaux forestiers initiaux peuvent être, dans une certaine mesure, payés par les revenus de l'exploitation agricole temporaire des terrains forestiers.

A défaut d'une intensification des méthodes d'agriculture et d'élevage, ou d'une conversion de l'activité économique d'une partie de la population dont l'économie forestière d'exportation n'est pas exclue, les productions forestières pourront difficilement s'intéresser à d'autres spéculations que les besoins locaux.

Des étendues considérables de savanes, impropres ou peu prisées par l'agriculture, peuvent cependant justifier des programmes de boisement particuliers (industries ou exportation).

Les régions où il y a pléthore de forêts sont généralement celles où, à de rares exceptions près, les problèmes forestiers suscitent le moins d'intérêt, l'opinion étant souvent leurrée quant à l'importance des richesses forestières.

Outre les zones traditionnelles de fourrés et de jachères entourant les centres d'occupation humaine, la végétation peut comporter des superficies parfois étendues de forêts plus ou moins remaniées.

Ce sont les régions où la constitution du domaine forestier doit présenter le moins de difficultés politiques ou juridiques ; ce sont aussi celles qui offrent le plus de possibilités pour une économie forestière d'exportation lorsque les conditions de transport s'y prêtent. C'est ici que les problèmes forestiers tropicaux se présentent dans toute leur complexité. Par exportation, il faut entendre non seulement les fournitures à des pays étrangers, mais également celles pouvant s'opérer d'une région naturelle ou économique à une autre, au sein d'un même pays.

Ce sont également les régions qui ont le plus à attendre du développement d'une économie intérieure ou extérieure basée sur les produits forestiers. Les travaux forestiers initiaux peuvent être payés par les revenus de l'exploitation actuelle des forêts sauvages ou associés à l'exploitation agricole temporaire des terrains forestiers.

Les problèmes techniques soulevés ici pendant une première phase d'aménagement seront principalement des traitements d'amélioration, de conversion, de régénération ou d'enrichissements examinés dans leurs rapports éventuels avec une exploitation actuelle de forêts sauvages et l'exploitation d'avenir des forêts aménagées.

La situation évoquée ici se présente actuellement dans les trois grands massifs forestiers équatoriaux de l'Amazonie, du bassin du Congo et de l'Océanie, massifs forestiers dont le monde aura un pressant besoin et qui sont appelés à un avenir extrêmement brillant dans le cadre de l'économie forestière mondiale.

Mais ce brillant développement ne dépendra pas uniquement des travaux forestiers ; il ne sera possible que si la recherche agronomique trouve d'autres méthodes que le système de cultures forestières divagantes, mettant ainsi ces massifs à l'abri de la destruction.

Avant d'examiner plus en détail les problèmes relatifs à l'intensification de l'aménagement des forêts, deux remarques générales s'imposent encore :

Dans l'examen de la constitution du domaine forestier permanent, deux notions peuvent se compléter : la productivité stationnelle d'une part, le régionalisme d'autre part. Des considérations de productivité locale et de commodité de transport peuvent affecter par exemple, à la production de petits bois (feu, mines, etc.), des stations strictement locales, tandis que la production de gros bois d'œuvre peut être organisée dans les zones complémentaires à meilleure productivité mais plus éloignées.

La seconde remarque importante vise à dissocier, quant à la station, les travaux d'aménagement du domaine forestier permanent de l'exploitation

actuelle des forêts sauvages. Les premiers dérivent des travaux de planification agricole, forestière et économique, la seconde tente de tirer parti au mieux de la situation actuelle des peuplements sauvages souvent condamnés à la destruction.

***

L'exposé qui précède a examiné principalement les circonstances selon lesquelles une intensification de l'aménagement des forêts tropicales est rendue nécessaire et les processus suivis en vue d'atteindre une précision suffisante de son champ d'action.

On a vu qu'il s'agissait principalement d'investigations et de prédictions d'ordre économique et politique se traduisant, par le canal de travaux de planification, en une concentration des activités forestières locales sur un terrain relativement restreint ou à des fins industrielles bien définies.

Cette tâche fondamentale n'est pas nécessairement la plus aisée.

Les premiers investissements préparatoires indispensables à une saine gestion d'un domaine forestier adéquat relèvent donc des domaines politique et juridique et des études générales indispensables à une planification réaliste (études économiques, démographiques, pédologiques, botaniques, agricoles et forestières).

***

Des problèmes techniques relativement bien délimités peuvent maintenant être abordés.

On a vu plus haut qu'ils pouvaient varier selon la situation forestière locale (carence de bois, taux de boisement adéquat ou pléthore de forêts).

Partout où une *carence de bois* existe ou est prévisible, le problème de l'intensification n'est pas mis en question et les réponses, en l'occurrence des travaux de boisement, que les forestiers s'efforcent d'y trouver, sont en tous points comparables aux travaux intensifs des pays à vieille tradition forestière.

C'est la voie, imposée par les besoins, qui a été suivie avec beaucoup de succès dans de nombreuses régions tropicales et notamment dans les « soft wood scheme » de Rhodésie, du Kenya et de Kigezi en Ouganda ; les boisements en essences exotiques (*Eucalyptus*, *Cupressus*, *Acacia*) de l'Est du Congo, de Madagascar, d'Afrique du Sud et du Brésil et, plus récemment, les beaux boisements d'*Eucalyptus* des plateaux littoraux de Pointe-Noire au Moyen-Congo.

Les études nécessaires à ces réalisations comportent : les investigations stationnelles, les techniques de pépinières, les techniques d'installation et

de préparation du terrain qui ont souvent fait appel à la suppression mécanique des graminées par labour et aux méthodes d'entretien mécanisées, les essais comparatifs des essences adaptées au milieu, l'étude des classes de productivité, du traitement et du parasitisme.

Une riche expérience existe des travaux de boisement en essences exotiques en régions tropicales et qui peuvent être entrepris, soit en vue de la satisfaction de besoins locaux déterminés, soit en prévision de productions industrielles bien définies.

Les boisements en plein d'essences exotiques, qui sont généralement supérieures aux essences locales, ne réussissent que dans les stations où le sol disponible présente une profondeur suffisante à l'exploration radiculaire (30 à 50 cm) ou ne dépasse pas certains seuils de dégradation.

Dans les stations superficielles ou dégradées, des techniques de boisements associées à des améliorations foncières sont particulièrement heureuses par leur économie et leurs résultats. Ce sont les boisements en placeaux denses espacés avec labour profond et fertilisation de l'aire des placeaux (R. Pierlot, Kivu) associés ou non à un certain réseau de fossés aveugles réduisant le ruissellement, et les boisements sur buttes incinérées (J. Dubois, Bas-Congo).

Dans les régions où les boisements de terrains nus sont justifiés par des carences, le prix du bois est souvent tel que la rentabilité des travaux est généralement assurée.

Mais l'économie de certains travaux mécanises de préparation du sol, opération pénible, et des soins d'entretien, peut aller à l'encontre de l'intérêt de certaines populations dépourvues d'emplois, et soulever ainsi un problème social d'importance.

Hormis les cas exceptionnels, vu l'état de dégradation des sols de savanes, où une production agricole peut être associée aux boisements, ceux-ci doivent être entièrement subsidiés ou être l'œuvre de l'initiative individuelle, éventuellement groupée et assistée.

Les trois régimes classiques (taillis, taillis sous futaie et futaie pleine) peuvent être, selon les stations et les essences, d'application dans les boisements.

Il serait souhaitable que la F. A. O. prenne l'initiative de susciter une revue complète, a l'echelle du monde tropical, de tous les boisements de terrains decouverts, en examinant les conditions stationnelles de depart, les essences, les techniques de pepiniere, de boisement et de traitement, les prix de revient, le financement, la production et le revenu financier.

De nombreuses regions tropicales presentent *un taux de boisement approximativement adéquat,* mais les forêts y sont souvent degradees et non soumises à un traitement productif.

La répartition géographique souhaitée du domaine forestier permanent peut même y justifier des travaux de boisement de terrains non forestiers, dans les conditions et circonstances évoquées ci-dessus.

Le traitement des forêts dégradées, ou plutôt l'utilisation des terrains forestiers encore disponibles, peut permettre d'associer les travaux initiaux à une production agricole temporaire (réduisant ainsi leur prix de revient) ou donner lieu à certains revenus forestiers, deux circonstances qui peuvent favoriser des méthodes intensives d'aménagement.

Si l'urgence d'une intensification de l'aménagement des forêts est moins accusée ici que dans la situation première étudiée plus haut, elle n'en est que peu différée.

La situation forestière examinée ici est probablement la plus favorable à une saine gestion forestière ; la proche carence en bois éveille l'opinion à ses problèmes et il subsiste une certaine proportion de terrains forestiers aux stations les moins prisées par les populations agricoles.

Dans ces conditions, quelle forme peut revêtir un aménagement dont l'intensité est justifiée ?

Le traitement qui paraît le plus indiqué à l'utilisation, dans ces conditions, des terrains forestiers portant des forêts dégradées est l'enrichissement en placeaux denses espacés (à base d'essences à bois d'œuvre et de construction) en rotations courtes naturelles ou dans une plantation en plein d'une ou plusieurs essences d'accompagnement à croissance rapide, indigènes ou exotiques, assurant la production de bois de feu et de perches. Ce traitement peut être associé à l'utilisation temporaire agricole des terrains. Cette forme de forêt est la version moderne tropicale du vieux taillis sous futaie. Elle peut s'adapter remarquablement à l'irrégularité et au fractionnement des parcelles en fonction des caractéristiques foncières, des impondérables de la politique villageoise et d'une sylviculture de galeries forestières. Certains travaux de drainage peuvent être nécessaires dans ce dernier cas.

Le traitement des ceintures des agglomérations importantes et celui des séries à bois de feu pour les compagnies de transport doit assurer, dans un rayon proche d'une distance possible de transport des bois de feu et des perches, la satisfaction des besoins en ces petits produits ; il peut être associé à la production d'une certaine proportion de bois d'œuvre et de construction. Ce problème particulier peut trouver des solutions dans les mesures envisagées dans les deux premières situations examinées plus haut.

Dans les deux situations ci-dessus, la nécessité et l'utilité de méthodes intensives d'aménagement ne sont pas mises en question, ni du point de vue économique, ni du point de vue technique. Elles peuvent, en outre, créer une source d'emplois importante, ce qui donne à ces travaux un caractère social marqué.

Le problème est beaucoup plus complexe dans les régions où il y a *pléthore de forêts.*

Les besoins des populations locales y sont actuellement infimes en regard des masses forestières disponibles, situation qui n'est pas nécessairement permanente étant donné la rapidité avec laquelle un massif forestier est entièrement grignoté par l'agriculture nomade stimulée par un accroissement démographique ou des programmes d'exportation de produits agricoles.

Outre les évolutions possibles dans ce sens, il est bien évident que l'existence d'un programme forestier d'exportation de quelqu'importance dispense entièrement de distinguer un domaine forestier permanent répondant aux besoins strictement locaux qui peuvent être largement satisfaits par les produits accessoires ou secondaires de la production d'exportation.

Différents degrés d'intensité de l'aménagement des forêts peuvent être distingués synthétiquement dans cette troisième situation de pléthore :

a) L'exploitation de cueillette non réglementée de quelques arbres, non accompagnée de mesures culturales ;

b) Une réglementation de l'exploitation, non accompagnée d'opérations culturales, se limitant à l'énoncé d'essences ou de dimensions réservées ou à l'interdiction de l'exploitation dans les zones limitées ou étendues (réserve conservatoire) ;

c) Une direction de l'exploitation précisant un programme défini quant aux lieux et quant à une possibilité annuelle ou périodique en volume ou en contenance ;

d) Une direction et une réglementation de l'exploitation l'associant, partiellement ou entièrement, à un programme cultural ;

e) Associés ou non à l'exploitation, des travaux d'amélioration des peuplements sauvages visant à assurer une évolution progressive de la nature ou de la structure de la forêt ;

f) Associés ou non à l'exploitation, des travaux de régénération naturelle ou d'enrichissement en groupes ou en bandes des forêts sauvages visant à assurer la prédominance des essences favorisées à une époque proche de leur exploitation.

C'est sous cette rubrique que sont rangées les importantes techniques connues : l'application en groupes ou en bandes, et non en plein, des systèmes malais et nigérien et des travaux de dégagements de l'Okumé au Gabon, de même les enrichissements en placeaux espacés réalisés en sylvo-bananier, sous couvert sélectif ou en rotations courtes naturelles ;

g) Associés ou non à l'exploitation, des travaux en plein de régénération naturelle ou de plantations denses visant à assurer la prédominance des essences favorisées à une époque la plus proche possible de l'installation.

Il est utile de préciser ici les *catégories ou les classes de forêts répondant à leur destination particulière éventuelle* :

a) Les jachères forestières et terres d'extension des cultures des populations. Ce sont à tous égards des terres de culture dont l'étendue peut varier avec les mouvements de populations ou une intensification des méthodes agricoles ;

b) Les forêts définies comme domaine forestier permanent affecté à la production locale ;

c) Les forêts définies comme domaine forestier permanent affecté à la production d'exportation ou aux industries forestières d'exportation ;

d) Éventuellement, des forêts ne rentrant dans aucune de ces classes et, par conséquent, celles pour lesquelles aucun programme précis n'est formulé ou formulable actuellement.

Les circonstances qui peuvent amener la constitution et le traitement d'un domaine forestier permanent affecté aux productions ou aux industries d'exportation sont variées et examinées ci-dessous :

a) Des conditions biologiques (composition de la flore forestière et des peuplements) et géographiques autorisant, sur la base des demandes actuelles de l'exportation, un programme de production particulier ;

b) Des conditions biologiques, géographiques et industrielles actuelles justifiant une production locale importante ;

c) Des conditions économiques et sociales justifiant des présomptions raisonnables des demandes de l'avenir et le financement de travaux forestiers dans le cadre d'une politique d'emploi ;

d) Des conditions de peuplement et des facilités de transport autorisant une exploitation actuelle intense des forêts sauvages, ou des conditions de sols et de débouchés permettant l'utilisation agricole temporaire des terrains forestiers. Ces deux éléments sont prépondérants car ils autorisent, en facilitant les travaux forestiers initiaux, la constitution de peuplements d'avenir, à valeur initiale très faible, garante de l'économie lointaine de l'opération.

Mais si la question posée du degré d'intensification de l'aménagement des forêts tropicales en zone de pléthore peut paraître, ainsi disséquée, proche de sa solution, deux éléments importants doivent cependant encore être examinés. Le premier, celui de l'adaptation locale des techniques ou mé-

thodes dont les principes sont connus, sera examiné plus loin au titre de problème scientifique. Le second, celui des essences, est discuté ici.

Le IV^e^ Congrès Forestier Mondial, au chapitre de la politique forestière en forêt tropicale humide, la plus importante au point de vue du commerce mondial, reconnaissait, notamment, que la forêt hétérogène est mieux adaptée à satisfaire les besoins à long terme (difficiles à prévoir et susceptibles de varier) lorsqu'ils apparaîtront nettement.

L'auteur estime cette opinion trop générale, trop prudente et partiellement controversée. Elle demande en tous cas des précisions, car l'opinion rapportée ci-dessus est dangereuse dans la mesure où elle peut servir d'argument aux pouvoirs politiques et administratifs pour infirmer l'utilité ou l'opportunité de certains travaux.

La satisfaction des besoins domestiques et industriels locaux non sélectifs (bois à feu, perches, etc.) et en bois d'œuvre et de construction ne pose aucun dilemme pour l'avenir : les essences retenues seront soit des exotiques adaptées aux stations, soit des essences locales productives. Aucune région forestière n'est, en outre, dépourvue d'essences à bois d'œuvre ou de construction.

Outre des bois spéciaux comme l'Okumé, le *Lophira*, le *Chlorophora*, le *Tectona* ou l'*Afrormosia*, la demande internationale s'est précisée ces dernières années et intéresse particulièrement les acajous, le *Terminalia* et des bois blancs légers pour core-stock comme le *Ceiba*, le *Bombax* et le *Triplochyton*. D'importantes études de techniques papetières ont, ces dernières années, été conduites, pour ce qui concerne l'Afrique, par le Centre de Nogent s/Marne en France, la Brown Paper Co. aux U.S.A. et en Belgique par Celluco, l'I.R.S.I.A., l'Agrifor, le Laboratoire Forestier de Gembloux et la Commission pour l'Étude des Bois du Congo, principalement axées sur les méthodes au sulfate et au sulfite neutre. Le moment est donc proche pour l'Afrique, à la publication des travaux dont des résultats sont connus, où il sera possible de définir les essences qui pourraient, au titre papetier, intervenir comme essences d'accompagnement ou comme essences de base de séries propres, si les conditions économiques de l'avenir justifiaient l'opération.

Un autre élément de simplification du problème des essences de base de séries affectées à la production d'exportation réside dans le fait que, en forêt dense tropicale et vu les conditions biologiques qui y règnent, entraînant des conséquences graves à toutes plaies ou blessures chez les acajous et les essences à bois blanc et croissance rapide, une technique des éclaircies et de la conduite des peuplements devra y être réalisée, qui différera sensiblement de la pratique courante des pays à vieille tradition forestière des régions tempérées.

En d'autres termes, l'auteur estime nécessaire la séparation en deux séries distinctes, par exemple, des productions de bois blancs pour core-stock et de la production éventuelle des mêmes essences pour des besoins papetiers.

Cette opinion, renforcée par l'importance des dégâts provoqués en forêt dense tropicale par l'abattage d'arbres adultes, amène à exclure des degrés d'intensification du traitement des séries à bois d'œuvre ou de déroulage, les travaux de régénération naturelle ou artificielle en plein (g) au profit des travaux en groupes ou en bandes (f) qui ménagent des espaces où aucun investissement n'a été consenti et où les dégâts d'abattage sont donc minimisés sinon gratuits.

Le problème de l'intensification de l'aménagement des forêts tropicales a été annoncé comme complexe et l'examen qui précède, de ses composantes, doit permettre dans la plupart des cas d'approcher une solution rationnelle ; il aura en tous cas précisé les voies pouvant mener à une telle solution.

L'opinion de l'auteur est synthétisée ci-dessous au sujet des différentes classes de forêts distinguées dans la situation de pléthore :

a) Dans les *jachères forestières* et terres d'extension des cultures, les seules mesures possibles seront l'organisation de l'exploitation de récupération des arbres de valeur ou des petits bois et, éventuellement, des mesures de protection de telles espèces précieuses ou l'organisation de productions dérobées. Encore faut-il craindre que ces pieds réservés ne constituent ultérieurement un obstacle à des mesures d'intensification de l'agriculture, comme la mécanisation, par exemple ;

b) Dans les forêts définies comme *domaine forestier permanent affecté à la production locale* qui, comme on l'a vu plus haut, pourra être réduit ou ne se préoccuper que du bois d'œuvre et de construction, les traitements associés à une exploitation pourront être des travaux de régénération naturelle ou d'enrichissement en groupes (f) ; ceux-ci seront souvent réalisables par l'association de l'exploitation agricole temporaire aux travaux initiaux ;

c) Dans les forêts définies comme *domaine forestier permanent affecté à la production d'exportation* ou aux industries forestières d'exportation, et on a analysé plus haut les circonstances biologiques, économiques et sociales qui pouvaient amener la constitution d'un tel domaine, les solutions varieront selon les buts.

Si la production intéresse le ravitaillement d'une usine de cellulose ou de papier, elle sera organisée en séries propres par des traitements denses en plein (g) dans des conditions biologiques et pédologiques l'autorisant.

Si la production intéresse l'exportation ou le ravitaillement d'une indus-

trie locale de sciage, déroulage et tranchage, les traitements associés à une exploitation pourront être des travaux de régénération naturelle ou d'enrichissement en groupes ou en bandes (f) ; ils pourront souvent être associés à une exploitation agricole temporaire des terrains. Une intensification plus poussée de ces traitements peut être réalisée en répétant les travaux en groupes (naturels ou artificiels) à intervalles réguliers, réalisant une forêt à deux ou trois âges mélangés par groupes dans le plan vertical.

C'est dans cette classe de forêts qu'il paraît possible et même urgent et rentable de réaliser, là où les conditions biologiques s'y prêtent, des séries étendues à base d'acajous, de *Terminalia* et d'essences légères à bois blanc pour core-stock.

Dans les cantons de cette classe de forêts à traiter en fin de tour, l'état des peuplements peut justifier des travaux d'amélioration visant à assurer une évolution progressive de la nature ou de la structure de la forêt (e). On pense ici aux différents degrés d'intensité de l'uniformisation par le haut qui peut préparer pour l'avenir une première exploitation plus intense et plus rentable des forêts sauvages.

De nombreuses stations de savanes, en régions vides de populations, comme en bordure du Fleuve Congo, se prêtent en outre à la constitution de séries pour core-stock à base de *Ceiba*.

Il est bon de rappeler ici ce que peut signifier, pour les pays tropicaux, l'initiation d'une économie forestière d'exportation dans la région de forêt dense. Par une association de l'exploitation forestière actuelle et / ou l'exploitation agricole temporaire des terrains, la valeur initiale des peuplements d'avenir peut être très réduite ; ces travaux assurent un nombre important d'emplois ; ils préparent une exploitation d'avenir qui, étant quinze à vingt fois plus importante par hectare que l'exploitation actuelle des forêts sauvages, lui confère une tout autre structure économique.

Au moment où le problème du sous-développement des pays tropicaux préoccupe de nombreux milieux, il convenait de souligner l'importance et le rôle de l'économie forestière d'exportation à cet égard ;

d) Enfin, les forêts ne rentrant dans aucune des classes étudiées et, par conséquent, celles pour lesquelles aucun programme précis n'est formulé ou formulable actuellement, constituent évidemment la masse la plus importante des réserves de bois et de terrains forestiers du monde tropical.

Trois degrés d'intensité d'aménagement peuvent être envisagés ici :

Une mise en réserve conservatoire (b) doit les préserver d'une destruction inconsidérée.

Une exploitation dirigée et réglementée peut procurer les revenus nécessaires au financement des travaux initiaux d'une économie forestière d'exportation entrepris ailleurs.

Enfin, dans les zones où une production d'exportation est prévisible dans l'avenir, des travaux d'amélioration, comme l'application extensive de l'uniformisation par le haut, pourront être entrepris, préparant une exploitation plus rentable.

***

Ce travail serait incomplet s'il n'évoquait rapidement quelques questions connexes.

On a vu l'importance des conditions démographiques et des méthodes agricoles sur les possibilités forestières des régions tropicales qui évolueront dans un sens ou dans l'autre, dans la mesure où une solution sera trouvée aux problèmes démographiques et aux problèmes de l'agriculture alimentaire. On peut dire que, selon que les efforts des chercheurs de l'agriculture tropicale seront ou non couronnés de succès, les trois grands massifs forestiers tropicaux pourront entrer dans le circuit du commerce international et conditionner le relèvement du standing des populations, ou bien celles-ci seront vouées à une agriculture de subsistance grignotant toutes leurs richesses forestières, et leur avenir lié aux exportations de produits miniers ou agricoles éventuels, à l'exclusion de toute industrialisation qu'elles seraient incapables de payer ou de faire vivre.

Le bois est un produit à faible densité de valeur et parfois délicat à transporter ; l'avenir de toute économie forestière d'exportation est fondamentalement lié aux programmes de transport qui peuvent transformer une zone forestière sans utilisation possible en une forêt associée au ravitaillement des marchés internationaux.

Le financement des travaux initiaux peut être facilité par une exploitation actuelle des forêts sauvages ou l'utilisation agricole temporaire des terrains forestiers, réduisant les valeurs initiales, ou assuré par des revenus forestiers provenant de régions voisines ou encore engagé dans le cadre de programmes forestiers d'État ou d'une politique d'emplois. Il peut également être organisé par la constitution de sociétés mixtes de production ou de transformation où l'État ou les communautés et les intérêts privés s'associent. Incidemment, c'est ce principe appliqué par le Roi Léopold II qui a stimulé, comme on sait, le développement économique du Congo qui fut belge de 1908 à 1960.

La constitution et la gestion d'un domaine forestier permanent adéquat entraîne la nécessité de créer un réseau de scieries régionales débitant des bois d'œuvre et de construction d'emploi local.

***

Si l'on peut pertinemment considérer que le présent travail a attaché plus d'importance aux approches des problèmes de technique forestière qu'à ces problèmes eux-mêmes, c'est que l'auteur a la conviction qu'ils sont simplifiés dès qu'un but a été assigné à l'exploitation et aux opérations.

Mais, malgré cette attitude philosophique, malgré les efforts importants d'institutions de recherches déjà anciennes comme Dehra Dun, l'I.N.É.A.C, l'E.A.A.F.R.O, le C.T.F.T de Nogent s/Marne et les Sections de Recherches Forestières, les Laboratoires de Maddison, de Princes Risborough et de Gembloux (dans ses travaux subsidiés par les organismes africains), il est apparu nécessaire de préciser un programme de recherches minimum et d'intérêt particulièrement immédiat dont dépend encore l'application ou l'adaptation de techniques dont les principes sont connus, sans préjudice à un programme de recherches plus complet ou plus étendu si les moyens le permettent.

Traitant d'un sujet à échéances particulièrement longues comme la foresterie, on a peine à utiliser le vocable de programme de recherches accéléré. Cependant, considérant l'ampleur et la profondeur des systèmes de recherches modernes particuliers aux conditions de milieu et à la végétation, leur prétention, peu justifiée à ce jour, à conditionner réellement les techniques forestières tropicales, et enfin leur coût élevé, un raccourci doit être trouvé vers la réponse à des questions fondamentales relatives aux techniques forestières. Les seconds investissements préparatoires indispensables à une saine gestion d'un domaine forestier adéquat seront donc des dépenses de recherche.

Des *études générales* (géo-botaniques, économiques et démographiques) doivent permettre d'ébaucher les grandes lignes du planning national de l'exploitation des ressources naturelles.

Les études économiques spéciales sont de la première importance en vue de déterminer les diverses catégories de besoins locaux, domestiques et industriels et les perspectives d'exportation de l'avenir.

On connaît, d'autre part, la nécessité pour un pays de disposer d'un réseau adéquat de stations climatologiques et d'observations régulières.

Les *recherches forestières* proprement dites portent essentiellement sur les stations, les essences, les peuplements et les traitements, et se rapportent soit à des études, soit à l'expérimentation.

Basée sur les études géo-botaniques générales ou non, les études des sols doivent enregistrer pour les grands groupes la valeur agricole, les caractéristiques physiques comme la structure, la texture, la profondeur et la position hydrique. Des travaux de géographie forestière, comme ceux de Sir H. G. Champion aux Indes, sont d'un type encore entièrement valable pour nos buts immédiats.

L'étude des essences comprend l'inventaire systématique qui doit pouvoir s'appuyer sur un herbarium et des équipes de systématiciens.

Complétant cet aspect floristique, une revue des essences utilisées ou utilisables localement comme bois d'œuvre et de construction, rassemble les données pratiques déjà connues localement et les précise par l'examen de la forme, de la densité, de la durabilité des bois dans les conditions d'emploi local et des épreuves pratiques de sciage.

Des essences dont l'abondance en forêt sauvage justifierait une exploitation d'exportation doivent faire l'objet d'épreuves commerciales ou industrielles en liaison avec les utilisateurs.

Des études inspirées des travaux préparatoires à l'uniformisation par le haut, sous des formes statistiques qui peuvent varier, ainsi que l'étude de la structure des peuplements et principalement la répartition des catégories de grosseurs, fournissent un ensemble de données biologiques fondamentales sur les essences et les peuplements et de précieuses indications sur les possibilités de traitement.

A ce stade des connaissances, il est permis d'atteindre un pronostic raisonnable de la valeur forestière des principales essences locales, valeur forestière combinant les données techniques réelles pour les emplois sélectifs principaux et les présomptions des facilités de traitement telles qu'elles découlent des études biologiques ci-dessus.

Les éléments rassemblés jusqu'à présent constituent le fruit normal d'une mission temporaire d'étude forestière.

Le stade suivant envisage l'expérimentation et une certaine stabilisation du personnel. Elle est nécessairement conduite dans les principales stations qui intéresseront l'économie forestière intérieure ou extérieure.

Une première phase vise à compléter la connaissance des essences, locales ou exotiques, susceptibles de s'adapter aux stations où des boisements seront entrepris, ou d'intervenir avec succès dans des travaux de régénération naturelle ou d'enrichissement en groupes.

Le choix des essences à expérimenter sera donc basé, dans le premier cas, sur un tri guidé par les équivalents climatiques et, dans le second cas, sur la classification de valeur forestière évoquée ci-dessus ; les résultats expérimentaux obtenus ailleurs ou la valeur particulière de certaines essences peuvent aider à compléter ce choix expérimental. Le caractère naturellement grégaire de certaines essences leur confère une importance toute spéciale pour la sylviculture.

Des études relatives à la fertilité des essences, à la valeur des graines et aux techniques de pépinière interviennent ici.

L'étude du comportement des essences en massif doit fournir les indications nécessaires à leur choix et à leur éducation en plein ou en groupes.

A cet égard, un schéma d'expérimentation forestière de courte durée a été mis en application dès 1955 par la Division Forestière de l'I.N.É.A.C, permettant d'apprécier la vitesse de croissance au cours des premières années (jusqu'à 4 m de hauteur), le développement de la cime, le comportement en massif et le parasitisme. Cet essai comparatif comporte des parcelles de 7 × 7 plants à l'écartement de 75 cm, trois répétitions par essence, l'installation à des dates successives et des observations de routine à des âges déterminés des parcelles (0, 1, 2, 4, 6, 12, 18, 24 ... mois). Dans cet essai, l'étude de cent essences s'établit sur une superficie de 1,08 ha. Les essences de boisement sont expérimentées en terrain découvert, tandis que celles destinées à intervenir dans des enrichissements ou des travaux de régénération naturelle sont installées sous le couvert élevé et unistrate d'essences secondaires, de 25 à 30 % d'éclairement relatif. Cette expérimentation doit compléter et confirmer les observations biologiques recueillies au cours des études.

L'ensemble des connaissances accumulées à ce point des travaux qui, pour une région naturelle assez homogène et inconnue de l'ordre de 5 à 10.000 km², peuvent représenter la mission de trois années d'un Ingénieur des Eaux et Forêts, dûment assisté, autorise le stade expérimental final.

L'expérimentation et l'adaptation des traitements, qui dérivent naturellement des travaux antérieurs, doit rassembler un minimum de données économiques ; l'expérimentation des traitements ne doit pas nécessairement s'étendre longtemps au delà du démarrage et de la formation de l'état de massif, en plein ou en groupes. Les boisements associés à des améliorations foncières peuvent justifier des études et une expérimentation particulières.

***

On a vu combien les développements de l'économie forestière intérieure et extérieure étaient solidaires de nombreux facteurs ; ces développements seront le plus harmonieusement stimulés si les pays tropicaux groupent les divers services techniques autonomes (agriculture, forêts, élevage, économie rurale, recherches) sous l'autorité d'un Département ou d'un Ministère des Ressources Naturelles.

Les besoins de la marine de guerre inspirèrent les ordonnances forestières de J.-B. Colbert et des Ministres de S. M. Britannique.

Tous ceux qui sont sentimentalement attachés aux régions tropicales souhaitent que, pour le plus grand bien des populations cette fois, les Ministres des Ressources Naturelles des Pays Tropicaux aient la force nécessaire pour prendre, guidés par la sagesse des principes, les mesures utiles à une exploitation raisonnée des ressources naturelles renouvelables, et

soient ainsi assurés de trouver la récompense de leurs efforts dans la beauté d'un pays dont le progrès temporaire ne sera pas assuré au détriment d'un capital irremplaçable.

***

29 février 1960.

Résumé.

L'aménagement, considéré comme l'ensemble des opérations qui ont pour but de réglementer l'exploitation d'une forêt en vue des besoins de l'homme, est intensif lorsqu'il accumule le travail et le capital sur un terrain relativement restreint ; il est extensif lorsqu'il exige peu de frais pour un terrain étendu.

L'intensification de l'aménagement dérive naturellement de la charge humaine de plus en plus grande imposée aux sols tropicaux, amenuisant à l'extrême les terres disponibles aux produits forestiers.

Le processus classique de la dégradation des sols et de la végétation en l'absence de méthodes agricoles et d'élevage autres qu'extensives est examiné.

Considérant l'obligation de satisfaire les besoins en bois nécessaires à l'amélioration des conditions de vie des populations, on étudie la constitution du domaine forestier permanent.

La définition du domaine forestier permanent ne peut valablement se faire sans l'examen d'un ensemble de considérations qui sont citées :

a) La connaissance statistique des besoins locaux ou d'exportation ;

b) L'évolution possible de ces besoins ;

c) Des travaux de planning basés sur une étude des sols devant guider le choix des terrains ;

d) Les productions stationnelles ;

e) Les affectations compétitives de terrains à la culture, l'élevage et la forêt ;

f) Une meilleure exploitation raisonnée des ressources forestières doit se développer parallèlement à des efforts généraux portant sur l'amélioration de l'élevage, de l'agriculture, des industries et de l'éducation.

Les dispositions préliminaires à la définition du domaine forestier permanent sont :

— les mesures matérielles et juridiques de conservation ;
— la précision des structures juridiques et financières de la production ;
— l'organisation d'un service de gestion spécialisé.

Les conséquences de la constitution d'un domaine forestier permanent sont examinées ainsi que les structures diverses qu'il peut présenter (domaine privé de l'État, forêts provinciales ou communales, d'établissements publics, domaine privé de particuliers).

Quel que soit le statut juridique du domaine forestier permanent, il doit présenter les caractéristiques suivantes : être libéré de tous droits d'usage ; respecter la primauté des intérêts des populations locales ; être soumis à la gestion d'un service spécialisé, conformément à la politique générale forestière et économique.

Du point de vue de la situation forestière, trois cas peuvent se présenter : lorsqu'il y a carence de bois, lorsque le taux de boisement est approximativement adéquat et lorsqu'il y a pléthore de forêts.

Ces trois situations sont examinées du point de vue de l'état de dégradation des sols et de la végétation, de la nature des travaux, des possibilités de financement.

Cette analyse examine les circonstances selon lesquelles une intensification de l'aménagement des forêts tropicales est rendue nécessaire et les processus suivis en vue d'atteindre une précision suffisante de son champ d'action.

Les premiers investissements préparatoires indispensables à une saine gestion d'un domaine forestier national adéquat relèvent donc des domaines politique et juridique et des études générales indispensables à une planification réaliste des ressources naturelles (études économiques, démographiques pédologiques, botaniques, agricoles et forestières).

Les diverses techniques et modes de traitement applicables dans un ensemble de situations sont examinés critiquement ainsi que les tendances actuelles ou prévisibles susceptibles de les modifier.

On examine finalement un groupe de recherches forestières déterminées, susceptibles d'apporter à court terme des précisions nécessaires aux progrès de la foresterie tropicale.

STATION DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE AGRICOLES

NOTE

Production contrôlée d'un composé du type humique (*)

par Pol Hugé

Il nous a été permis d'obtenir par fermentation de corps cellulosés, en tubes à essais incubés à 30° C., un composé possédant des propriétés de l'humus du sol. Ce corps est brun, précipitable par les acides et solubilisé par les bases. En outre, il forme des agrégats stables dans une poudre argileuse.

Procédé de fermentation

La technique de production comprend deux phases distinctes :

Phase anaérobie. Cette phase correspond à la fermentation méthanique de la cellulose. Cette fermentation est réalisée à partir de 100 grs de papier filtre au litre. Lorsqu'une fraction importante de la cellulose est gazéifiée, le liquide de fermentation présente un aspect laiteux semblable aux suspensions microbiennes très denses.

Phase aérobie. — Si on laisse ce liquide laiteux au contact de l'air, on y observe un brunissement progressif. Dans les mêmes conditions, cette teinte se développe en présence de paille.

Analyses des jus fermentaires

Dosage de l'Humus. Ces analyses ont été effectuées suivant la méthode de Chaminade (1).

Estimation du pouvoir agrégeant. — Cette estimation est basée sur les agrégats stables formés lors du traitement que nous décrivons. On fait agir des jus fermentaires sur une poudre argileuse calcaire (1 ‰ de chaux

(*) Déposé à la rédaction le 14 juin 1960.

agricole) passée au tamis à mailles de 0.5 mm de côté. A deux grammes de cette argile, on ajoute 1 cc de jus de fermentation additionné de thymol. On laisse macérer pendant 65 heures à la température du laboratoire puis les argiles sont séchées à 50°. On détermine ensuite les agrégats stables formés suivant la méthode utilisée dans les laboratires de la Station (2).

TABLEAU I

COMPOSÉS HUMIQUES		AGRÉGATS STABLES (EN MGR)			HUMUS ‰
		TAMIS		TOTAL	
		2mm	0,5mm		
Eau distillée (Témoin)	1	14	4	18	
	2	21	10	31	
	3	6	7	13	
Jus laiteux	1	42	213	255	0,418
	2	40	217	257	
	3	38	205	243	
Jus brun	1	194	194	388	0,286
	2	152	196	348	
Jus brun de paille	1	494	312	806	0,469
	2	551	282	833	
Purin	1	13	50	63	1,346
	2	21	51	72	
	3	8	40	48	
Jus de fumier	1	33	80	103	1,407
	2	117	53	200	
	3	99	81	180	
Charbon oxydé	1	0	36	36	4,386
	2	0	30	30	
Krillium 1 ‰	1	1222	120	1342	
	2	675	364	1039	
	3	942	204	1146	

Résultats d'analyses et discussion

Le procédé de fermentation fournit un jus laiteux après la phase anaérobie. Ce jus brunit au contact de l'air même en présence de paille. Trois jus fermentaires sont donc à considérer : le jus laiteux, le jus brun et le jus brun de paille. D'autres composés humiques ont été examinés à titre comparatif : purin, jus de fumier, charbon oxydé. L'effet du Krilium a aussi été controlé.

Le tableau I indique les résultats obtenus.

Il serait prématuré d'établir des déductions d'ordre général des chiffres obtenus. Les analyses effectuées avaient pour but essentiel de montrer que l'humus produit, déterminé par l'analyse chimique, possédait des propriétés agrégeantes au même titre que d'autres composés humiques. Les résultats des analyses permettent d'admettre ce point.

D'autre part, on remarquera que le mode d'obtention d'humus que nous proposons peut être comparé à celui pratiqué à partir de champignons. Dans ce procédé, on soumet une culture d'*Aspergillus* ou de *Penicillium* au processus d'autolyse jusqu'à obtenir un liquide de culture de teinte foncée. (3-4-5-6-7-8).

Conclusion

La mise au contact de l'air du milieu laiteux provenant de la fermentation méthanique d'une forte concentration de cellulose fait apparaître un composé brun, précipitable par les acides, solubilisé par les bases, dosé comme acide humique et possédant la propriété de former des agrégats stables avec l'argile.

BIBLIOGRAPHIE

1. Chaminade R., *Ann. Agr.* 1946, **16**, 119.
2. Demortier G., Droeven G., *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux*, 1954, **22**, 213.
3. Laatsch W., Bauer I., Bieneck O., *Landw. Forschung* I., 1950, I.
4. Von Plotho O., *Zeitschr. f. Pflanzenernähr.*, 1951, **55**, 151.
5. Kuster E., Z. f. Bakt I.O., 1952, **158**, 350.
—, 1953, **160**, 207.
6. Scheffer F., VI Congr. Intern. Microbiol. (Roma) 1953, III, S. 18, 891.
7. Kononova M. M., Alexandrova I. V., *VI Congr. Intern. Sci. Sol.* (Paris), 1956, III, 22, 133.
8. Pochon J., De Barjac H., *Traité de Microbiologie des Sols*. Ed. Dunod, Paris, 1958, pp. 515-516.

Fleurs butinées par les Bourdons (Hym. Apidae Bombinae) dans la Région Liégeoise (1945-1959) (*)

par Jean Leclercq (**)

Depuis la publication du *Handbuch der Blütenbiologie* de Knuth (1898), on sait que les abeilles sociales caractéristiques de l'Eurasie (*Apinae* et *Bombinae*) butinent des fleurs extrêmement variées. Les nombreuses observations rapportées dans la littérature botanique, entomologique et apicole (1) paraissent jeter un défi à qui supposerait que ces abeilles font un choix parmi les sources de pollen et de nectar disponibles dans un biotope donné, surtout si l'hypothèse de travail va jusqu'à prévoir un choix différent suivant les espèces de bourdons.

Pourtant, l'observation sur le terrain fait reconnaître aisément que les abeilles et les bourdons ne visitent pas indifféremment toutes les plantes entomogames. Dans une bordure de fleurs variées, il y a toujours des secteurs privilégiés et on remarque vite que les différentes espèces ne s'y distribuent pas de façon quelconque. Dans un champ de trèfles, on peut rencontrer une multitude de bourdons appartenant à plusieurs espèces, ou à une seule ; on peut y trouver des abeilles de ruches et des bourdons, ou rien que des abeilles, ou rien que des bourdons ; ou encore on peut n'y voir aucun butineur du tout.

On a élucidé beaucoup des mécanismes de l'entomogamie et de la physiologie sensorielle des insectes anthophiles, Jaeger (1957) a publié une excellente analyse de ces questions. Brian (1951, 1957) a remarquablement analysé le problème pour les bourdons. On peut en inférer des hypothèses explicatives pour tel ou tel comportement. Néanmoins, dans bien des cas, on éprouve d'insurmontables difficultés à rendre compte de la complexité ou des inattendus de ce qui est observé.

(*) Déposé à la rédaction le 7 mars 1960.

(**) Contribution du Laboratoire de Zoologie générale, Institut agronomique, Gembloux.

(1) Les *Apicultural Abstracts* publiés en annexe de « *Bee World* » permettent de suivre l'évolution de cette littérature depuis 1950.

Il faut donc continuer à enrichir le dossier des faits d'observation qui doivent servir à suggérer de nouvelles hypothèses de travail. Ce qui a été le plus négligé jusqu'ici, c'est l'évaluation de ce qu'on pourrait appeler la fantaisie des butineurs. Mais pour y procéder, il faudrait mieux connaître les configurations générales des comportements spécifiques, leurs fluctuations suivant les circonstances locales ou saisonnières, raciales ou individuelles. Il faudrait en quelque sorte enregistrer les comportements dans des populations définies, comme les météorologistes déterminent les fluctuations climatiques dans des stations choisies.

***

Les résultats rapportés ici ont trait aux comportements des bourdons (*Bombinae*, genre *Bombus*) les plus communs dans la région que j'ai le mieux explorée. Cette région comprend une grande partie du territoire de la ville de Liège (y compris son Jardin Botanique) et les communes limitrophes de l'Avant-Pays de Herve (Grivegnée, Jupille, Beyne-Heusay, Fléron et Bellaire). Il s'agit d'une région primitivement herbagère (prairies, vergers, quelques cultures maraîchères, pratiquement pas de champs cultivés) qui a évolué rapidement dans le sens d'une urbanisation intégrale. Les paysages ruraux y ont considérablement régressé depuis 1920 et on approche du moment où la totalité de la superficie sera tenue pour « zone résidentielle urbaine ».

Une des conséquences de cette évolution est évidemment la disparition des végétaux et des animaux autochtones (cf. LECLERCQ, JEUNIAUX et SCHOFFENIELS, 1954), on ne voit subsister que les espèces qu'on rencontre indifféremment dans les banlieues de presque toutes les villes d'Europe moyenne. C'est ainsi qu'on y conserve les bourdons les plus ordinaires : *Bombus agrorum*, *hortorum*, *hypnorum*, *lapidarius*, *pratorum* et *terrestris*, les autres espèces étant devenues rares, même le *Bombus silvarum*, jadis très commun. Les six espèces conservées ont une vaste distribution et sont presqu'ubiquistes dans toute l'Europe non méditerranéenne. On peut donc croire qu'elles habitaient la région prospectée et y maintenaient des populations au moins aussi denses qu'actuellement, avant les processus d'urbanisation et même avant l'apparition des œuvres humaines. On imagine mal ce qu'étaient leurs sources de pollen et de nectar à ces époques reculées car les pollens de nombreuses plantes mellifères se conservent mal dans les terrains explorés par les palynologues. A en juger par la faible proportion des espèces mellifères autochtones enregistrée dans les parcelles de terrain les moins maltraitées, on peut admettre que les fleurs disponibles aujourd'hui sont rarement celles dont tiraient profit les anciennes populations de nos six espèces de bourdons. Celles-ci se sont accomodées des

végétaux entomogames tolérés ou introduits par l'homme. Au climax de cette evolution, les abeilles de ruches et les bourdons survivent grâce aux seules fleurs des jardins et des parcs.

En décrivant les normes actuelles du comportement butineur de ces abeilles sociales, on fait donc connaître un phénomène d'adaptation récente. Il serait bien intéressant de comparer ces habitudes nouvelles à ce qui se passe dans un territoire resté plus primitif. Malheureusement, le second terme de la comparaison manque au dossier.

Circonstances de la prospection

Depuis le 1er avril 1945 jusqu'au 30 septembre 1959, j'ai porté sur fiches toutes les observations faites dans le territoire considéré et relatives aux visites des bourdons aux fleurs des jardins, des prairies, des bords des haies, etc. Il y eut forcément des périodes d'observations journalières suivies et des périodes d'absence, seul un rentier idéalement casanier aurait pu faire mieux.

Les notes ainsi accumulées permettent de répondre à une première question : *quelles sont les fleurs butinées fréquemment ou occasionnellement par les femelles et les ouvrières de chaque espèce de bourdon ?* (on a éliminé les observations moins sûres, relatives aux mâles).

Il est beaucoup plus malaisé de répondre à une seconde question : quelles sont les fleurs butinées régulièrement et frequemment, ou plus exactement *dans quel ordre faudrait-il citer les fleurs de la plus visitée à la plus exceptionnelle.* On ne pourrait répondre à cette question qu'en éliminant les incidences de la densité des populations de bourdons et de plantes mellifères, des fluctuations saisonnières et annuelles de chaque élément en cause, et des idiosyncrasies de la méthode des observations. Autant dire qu'il est impossible d'établir cette liste par ordre décroissant, sans procéder à des expériences extraordinairement compliquées.

Malgré l'ampleur des restrictions à faire, on a essayé de présenter les données quantitatives disponibles après regroupement de tant d'observations fortuites, se disant qu'on pourrait au moins mettre en évidence quelques faits généraux dignes d'attention. Le regroupement a livré un total de 867 observations particulières. Par *observation particulière*, il faut entendre ceci : *aux fleurs de telle espèce botanique, un jour donné, on a vu au moins un bourdon s'adonnant activement à la récolte du pollen ou du nectar.* En termes plus explicites, on n'a pas fait la différence entre les récoltes de pollen et de nectar, ni entre le fait qu'une plante attirait un seul ou plusieurs bourdons de même espèce, ni entre le fait que les bourdons d'une même espèce s'adressaient ce jour-là aux fleurs d'une seule plante ou à celles

de nombreuses plantes de la même espèce, croissant ensemble ou dispersées. Par contre, on a tenu compte des comportements répétés de jour en jour : si on a vu des *Bombus agrorum* butinant *Sedum spurium* trois jours de suite, on a compté trois observations. Cette façon de faire n'a pas dangereusement compromis la signification des résultats, parce que je n'ai que très exceptionnellement noté les visites des bourdons plus de deux jours de suite aux mêmes fleurs du même endroit. D'autre part, il est possible d'apprécier l'erreur systématique résultant de ce que les fleurs de mon voisinage immédiat ont été plus fréquemment observées que les autres, notamment que celles du Jardin Botanique de l'Université de Liège où je n'ai relevé les visites des bourdons qu'une dizaine de fois. Il suffit d'interpréter chaque donnée numérique mentionnée dans ce travail, en tenant compte de ce que l'espèce botanique figure ou non dans la liste des fleurs de mon jardin et des lieux immédiatement voisins :

LISTE ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES BOTANIQUES FRÉQUEMMENT ET RÉGULIÈREMENT SURVEILLÉES DE 1945 À 1959 :

Achillea millefolium, Agrostemma githago, Althaea rosea, Alyssum saxatile Anchusa officinalis, Anemone div. sp., Antirrhinum majus, Armeria maritima, Aster sp., Astilbe sp., Aubrietia deltoidea, Bellis perennis, Calendula officinalis, Calystegia sepium, Campanula rapunculoides, rapunculus et rotundifolia, Centaurea pratensis, Cheiranthus cheiri, Chelidonium majus, Chrysanthemum leucanthemum, Cirsium sp., Clarkia elegans, Collinsia bicolor, Coriandrum sativum, Cosmos bipinnatus, Cotoneaster simonsii, Crataegus sp., Crocus sp., Dahlia sp., Delphinium ambiguum, Dianthus div. sp., Dicentra spectabilis, Echinops sphaerocephalus, Epilobium angustifolium, Fuchsia sp., Galanthus nivalis, Galium div. sp., Geranium robertianum, Gladiolus sp., Glechoma hederaceum, Helenium sp., Heliopsis sp., Heracleum sphondylium, Hyacinthus orientalis, Hypericum perforatum, Hyssopus officinalis, Iris germanica et pseudacorus, Kniphofia uvaria, Lamium album, Lavandula spica, Ligustrum ovalifolium, Linaria purpurea et vulgaris, Lonicera periclymenum, Lotus corniculatus, Lupinus luteus, Matricaria div. sp., Mentha rotundifolia, Muscari sp., Narcissus div. sp., Oenothera biennis, Papaver orientalis, Pelargonium hybridum, Petunia sp., Phacelia tanacetifolia, Phaseolus vulgaris, Philadelphus coronarius, Phlox paniculata, Pirus communis, Polygonum baldschuanicum, Potentilla anserina, Primula vulgaris, Prunus domestica, Pulmonaria sp., Ranunculus acris et bulbosus, Ribes sylvestre et uva-crispa, Rosa div. sp., Rubus div. sp., Salvia officinalis, Sambucus nigra, Sarothamnus scoparius, Saxifraga umbrosa, Scilla sp.. Sedum div. sp., Sempervivum tectorum, Senecio jacobaea, Silene dioica et vulgaris, Solidago canadensis, Sonchus sp., Symphoricarpus rivularis, Syringa vulgaris, Tagetes patula, Taraxacum officinale, Thlaspi umbellatum, Trifolium repens, Tropaeolum majus, Tulipa gesneriana, Veronica chamaedrys et spicata, Viola tricolor.

Résultats

Je n'ai jamais vu un seul bourdon aux fleurs des espèces ci-dessous, lesquelles figurent toutes dans le relevé précédent des espèces particulièrement surveillées :

LILIACEAE : *Muscari sp., Scilla sp., Tulipa gesneriana.*
AMARYLLIDACEAE : *Galanthus nivalis, Hyacinthus orientalis, Narcissus sp.*
POLYGONACEAE : *Polygonum baldschuanicum.*
CARYOPHYLLACEAE : *Agrostemma githago.*
RANUNCULACEAE : *Anemone nemorosa, Ranunculus acris.*
CRUCIFERAE : *Alyssum saxatile, Thlaspi umbellatum.*
SAXIFRAGACEAE : *Philadelphus coronarius, Saxifraga umbrosa.*
ROSACEAE : *Crataegus sp., Pirus communis, Prunus domestica, Rosa canina.*
ONAGRACEAE : *Oenothera biennis.*
UMBELLIFERAE : *Coriandrum sativum.*
PRIMULACEAE : *Primula cf. vulgaris.*
OLEACEAE : *Syringa vulgaris.*
POLEMONIACEAE : *Phlox paniculata.*
VERBENACEAE : *Clerodendrum trichotomum.*
SCROPHULARIACEAE : *Veronica chamaedrys.*
RUBIACEAE : *Galium div. sp.*
CAPRIFOLIACEAE : *Sambucus nigra.*
COMPOSITAE : *Achillea millefolium, Aster sp., Bellis perennis* (sauvage), *Chrysanthemum leucanthemum, Helenium sp., Heliopsis sp., Matricaria sp., Sonchus sp., Taraxacum officinale.*

***

Dans le Tableau I, on trouvera la liste des fleurs sur lesquelles j'ai observé au moins une fois, une femelle ou une ouvrière de l'une des six espèces de bourdons. Dans chaque cas, le nom du bourdon est flanqué du nombre d'« observations particulières » calculé comme c'est précisé ci-dessus.

TABLEAU I. — **Fleurs visitées par six espèces de Bourdons dans la Région Liégeoise, de 1945 à 1959** (1)

Le chiffre indiqué avant chaque nom de bourdon correspond au nombre total d'observations journalières. *Les espèces botaniques tenues pour autochtones* (croissant au bord des haies, dans les prairies, etc.) *sont marquées du signe* *. Les autres espèces sont généralement des plantes de jardin, parfois des espèces cultivées au Jardin Botanique de l'Université de Liège.

LILIACEAE	
Kniphofia uvaria HOOK.	3 hypnorum, 2 lapidarius, 1 pratorum, 1 terrestris.
AMARYLLIDACEAE	
Allium cepa L.	1 lapidarius.
Allium porrum L.	2 hypnorum, 1 lapidarius, 3 terrestris.
Ixiolirion montanum (LABILL.) HERB.	1 terrestris.
IRIDACEAE	
Crocus sp.	1 agrorum.
Gladiolus sp.	2 agrorum, 1 hortorum, 2 lapidarius, 1 terrestris.
Iris germanica L.	1 agrorum.
**Iris pseudacorus* L.	3 agrorum, 2 hortorum.
Iris reticulata BIEB.	1 agrorum.
SALICACEAE	
**Salix caprea* L.	1 hypnorum, 1 lapidarius, 1 pratorum, 2 terrestris.
CARYOPHYLLACEAE	
Dianthus caryophyllus L.	2 hortorum.
Dianthus barbatus L.	1 hortorum.
**Silene dioica* (L.) CLAIRV.	1 terrestris.
Silene vulgaris (MOENCH.) GARCKE.	2 lapidarius, 1 terrestris.
Vaccaria cf. pyramidata MEDIC.	1 agrorum.
RANUNCULACEAE	
Aconitum napellus L. s.l.	1 agrorum, 6 hortorum (2).
Anemone cf. coronaria L.	1 hypnorum, 1 lapidarius, 2 terrestris.
Aquilegia chrysantha GRAY.	1 hortorum, 1 pratorum.
Aquilegia vulgaris L.	2 agrorum, 1 pratorum, 3 hortorum.

(1) Je tiens à exprimer ma reconnaissance à MM. J. DAMBLON et J. LAMBINON de l'Institut de Botanique de l'Université de Liège qui m'ont aimablement aidé à mettre en ordre la nomenclature des espèces botaniques.

(2) La prédilection du *Bombus hortorum* pour *Aconitum napellus* a déjà été remarquée lors d'expériences réalisées dans un jardin de la même région en 1940 (LECLERCQ, 1942).

Delphinium cf. ambiguum L.	2 agrorum, 15 hortorum.
Delphinium cf. grandiflorum (L.	1 agrorum, 5 hortorum.
Helleborus viridis L.	1 hypnorum (1)
Nigella damascena L.	1 lapidarius, 1 terrestris.
**Ranunculus bulbosus* L.	1 agrorum.
BERBERIDACEAE	
Mahonia aquifolium (PURSH) NUTT.	1 agrorum, 2 pratorum, 1 terrestris.
PAPAVERACEAE	
**Chelidonium majus* L.	1 hypnorum.
Glaucium flavum GRANTZ.	1 agrorum, 1 hortorum, 1 terrestris.
Papaver orientale L.	1 hypnorum, 6 terrestris.
FUMARIACEAE	
Corydalis solida (L.) SW.	2 terrestris.
Dicentra spectabilis (L.) LEM.	1 agrorum, 1 hortorum, 1 terrestris.
CRUCIFERAE	
Aubrietia deltoidea D.C.	1 hortorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
Brassica cf. oleracea L.	1 hortorum, 1 lapidarius.
Cheiranthus cheiri L.	2 agrorum, 1 lapidarius, 1 pratorum.
Erysimum perofskianum FISCH et MEY.	2 agrorum.
CRASSULACEAE	
**Sedum acre* L.	1 hortorum, 1 hypnorum, 9 lapidarius, 4 terrestris.
Sedum aizoon L.	1 lapidarius.
Sedum nicaeense ALL.	1 terrestris.
Sedum radiatum WATS.	2 lapidarius.
Sedum cf. reflexum L.	1 hypnorum, 12 lapidarius, 1 pratorum, 4 terrestris.
Sedum spurium BIEB.	8 agrorum, 3 hypnorum, 4 lapidarius, 4 1 terrestris (2).
Sedum telephioides MICHX.	lapidarius.
Sedum telephium L.	3 lapidarius, 1 terrestris.
Sempervivum heuffeli SCHOTT.	1 hypnorum, 1 lapidarius.
Sempervivum tectorum L.	1 agrorum, 2 lapidarius, 1 terrestris.
SAXIFRAGACEAE	
Astilbe « hybride »	1 lapidarius.
Hydrangea macrophylla SER.	1 terrestris.
Ribes sylvestre (LAM.) MERT. et KOCH.	1 pratorum.
Ribes uva crispa L.	1 pratorum, 1 terrestris.

(1) Déjà observé antérieurement, ainsi que d'autres abeilles, cf. LECLERCQ, 1945.

(2) Dans mes expériences de 1940, j'avais noté *hypnorum* comme visiteur principal, je n'avais pas noté *lapidarius*, mais bien *pratorum* et *hortorum* (LECLERCQ, 1942).

ROSACEAE	
Cotoneaster praecox VILM.	1 pratorum, 1 terrestris.
Cotoneaster simonsii BAK.	1 agrorum, 6 hypnorum, 3 lapidarius.
**Potentilla anserina* L.	1 terrestris.
**Prunus avium* (L.) L.	1 terrestris.
Rosa sp. (horticoles, doubles)	1 hortorum, 1 hypnorum, 1 lapidarius, 2 terrestris.
**Rubus* div. sp.	6 agrorum, 2 hortorum, 6 hypnorum, 3 lapidarius, 6 pratorum, 2 terrestris.
LEGUMINOSAE	
**Lathyrus sylvestris* L.	3 agrorum.
**Lotus corniculatus* L.	1 agrorum.
Lupinus luteus L.	10 agrorum, 1 lapidarius, 1 hypnorum, 1 pratorum, 16 terrestris.
**Medicago sativa* L.	2 agrorum.
**Melilotus officinalis* (L.) PALL.	1 agrorum.
Phaseolus coccineus L.	1 agrorum, 1 terrestris.
Phaseolus vulgaris L.	5 agrorum, 3 hortorum, 1 pratorum, 5 terrestris (1).
**Sarothamnus scoparius* (L.) WIMM. et KOCH.	1 agrorum.
**Trifolium arvense* L.	1 pratorum.
Trifolium incarnatum L.	1 lapidarius.
**Trifolium pratense* L.	3 agrorum, 1 hortorum.
**Trifolium repens* L.	6 agrorum.
**Vicia sativa* L.	2 agrorum.
**Vicia sepium* L.	3 agrorum.
GERANIACEAE	
**Geranium robertianum* L.	1 agrorum.
Pelargonium div. sp.	1 agrorum, 1 hortorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
TROPAEOLACEAE	
Tropaeolum majus L.	1 hortorum, 1 terrestris.
BALSAMINACEAE	
Impatiens balsamina L.	1 hortorum.
Impatiens glandulifera ROYLE	1 terrestris.
**Impatiens noli tangere* L.	1 agrorum, 1 hypnorum.
Impatiens parviflora D.C.	1 agrorum.
RHAMNACEAE	
**Frangula alnus* MILL.	2 pratorum.

(1) En 1940, je n'avais noté qu'*agrorum* comme visiteur régulier de cette espèce (LECLERCQ, 1942).

TILIACEAE	
**Tilia platyphyllos* SCOP.	2 hypnorum.
MALVACEAE	
Althaea officinalis L.	1 agrorum, 1 hypnorum.
Althaea rosea CAV.	1 agrorum, 1 hypnorum, 3 terrestris.
Hibiscus syriacus L.	1 agrorum.
**Malva sylvestris* L.	1 hypnorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
GUTTIFERAE	
**Hypericum perforatum* L.	1 agrorum, 1 terrestris.
VIOLACEAE	
Viola reichenbachiana JORD. ex BOR.	1 agrorum.
Viola tricolor L.	2 lapidarius, 1 pratorum.
ONAGRACEAE	
**Chamaenerion angustifolium* (L.) SCOP.	1 agrorum, 1 terrestris.
Clarkia elegans DOUGL.	11 agrorum, 3 lapidarius, 8 terrestris.
**Epilobium hirsutum* L.	1 agrorum, 2 terrestris.
Fuchsia sp.	2 agrorum, 1 hortorum.
LYTHRACEAE	
**Lythrum salicaria* L.	1 agrorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
UMBELLIFERAE	
Angelica archangelica L.	2 terrestris.
**Angelica sylvestris* (L.) HOFFM.	1 terrestris.
**Heracleum sphondylium* L.	3 terrestris.
Pimpinella major (L.) HUDS.	1 terrestris.
ERICACEAE	
**Calluna vulgaris* (L.) HULL.	2 terrestris.
Erica carnea L.	1 agrorum, 1 pratorum, 1 terrestris.
Rhododendron ponticum L.	1 terrestris.
Rhododendron praecox DAV.	2 pratorum.
PLUMBAGINACEAE	
Armeria maritima (MILL.) WILLD.	2 agrorum, 2 hortorum, 1 hypnorum, 1 lapidarius.
BUDDLEIACEAE	
Buddleya davidii FRANCH.	1 hortorum, 1 hypnorum, 3 terrestris.
OLEACEAE	
Ligustrum ovalifolium HASSK.	1 terrestris.
CONVOLVULACEAE	
**Calystegia sepium* (L.) R. BR.	1 terrestris.
**Convolvulus arvensis* L.	2 terrestris.

HYDROPHYLLACEAE	
Phacelia congesta HOOK.	1 lapidarius, 1 terrestris.
Phacelia tanacetifolia BENTH.	1 agrorum, 4 lapidarius, 9 pratorum, 3 terrestris.
BORAGINACEAE	
Alkana tinctoria (L.) TAUSCH.	2 terrestris.
Anchusa officinalis L.	15 agrorum, 1 hortorum, 3 hypnorum, 5 pratorum, 3 terrestris (1).
Borrago officinalis L.	1 agrorum, 1 pratorum (2).
**Echium vulgare* L.	7 agrorum, 1 terrestris.
Pulmonaria mollis WOLFF et *officinalis* L.	7 agrorum, 1 terrestris.
**Symphytum officinale* L.	2 agrorum, 1 pratorum.
LABIATAE	
**Ballota nigra* L.	1 agrorum.
Betonica officinalis L.	2 agrorum
Dracocephalum parviflorum MUELL. ex BENTH.	1 agrorum.
**Galeopsis tetrahit* L., s.l.	2 agrorum, 1 hortorum.
**Glechoma hederacea* L.	4 agrorum, 2 pratorum.
Hyssopus officinalis L.	16 agrorum, 1 hortorum, 3 hypnorum, 3 lapidarius, 3 terrestris.
**Lamium album* L.	10 agrorum, 1 hortorum, 1 hypnorum, 2 lapidarius, 3 terrestris.
**Lamium luteum* HUDS.	3 agrorum.
**Lamium purpureum* L.	1 agrorum.
Lavandula spica CAV.	10 agrorum, 2 hortorum, 2 hypnorum, 3 lapidarius, 4 terrestris.
Lavandula vera D.C.	1 lapidarius.
Marrubium vulgare L.	1 agrorum, 1 hortorum, 3 hypnorum, 1 pratorum.
Mentha pulegium L.	1 lapidarius.
Mentha rotundifolia (L.) HUDS.	1 lapidarius.
Monarda didyma L.	1 agrorum, 1 terrestris.
Nepeta cataria L.	1 agrorum, 1 lapidarius.
Nepeta macrantha FISCH.	1 hortorum.
**Origanum vulgare* L.	3 agrorum, 1 hortorum, 2 terrestris.
Salvia officinalis L.	6 agrorum, 8 hortorum, 2 pratorum.
**Salvia verticillata* L.	4 agrorum, 1 pratorum.
**Stachys sylvatica* L.	1 agrorum, 1 hortorum.
Teucrium aureum L.	2 agrorum, 2 hypnorum.
**Teucrium scorodonia* L.	4 agrorum, 3 hypnorum, 3 pratorum, 5 terrestris.

(1) En 1940, c'est aux fleurs de cette espèce que j'avais observé le plus grand nombre de *pratorum* (LECLERCQ, 1942).

(2) En 1940, j'avais en outre observé des *lapidarius* (LECLERCQ, 1942).

SOLANACEAE	
Atropa belladonna L.	2 pratorum.
**Lycium halimifolium* MILL.	1 hypnorum, 1 terrestris.
Petunia sp.	1 agrorum.
SCROPHULARACEAE	
Antirrhinum majus L. var.	4 agrorum, 1 terrestris.
Antirrhinum orontium L.	1 agrorum.
Collinsia bicolor BENTH.	4 agrorum, 3 lapidarius, 6 terrestris.
Digitalis purpurea L.	2 agrorum, 4 hortorum, 1 terrestris.
Digitalis lutea L.	1 agrorum, 2 hortorum, 1 terrestris.
Linaria purpurea (L.) MILL.	5 agrorum, 1 terrestris.
**Linaria vulgaris* MILL.	2 agrorum.
**Melampyrum pratense* L.	1 terrestris.
**Scrophularia nodosa* L.	1 agrorum, 2 pratorum.
Verbascum thapsus L.	1 agrorum, 1 hortorum, 2 terrestris.
Veronica longifolia L.	1 terrestris.
Veronica spicata L.	6 agrorum, 7 hypnorum, 3 lapidarius, 5 pratorum, 2 terrestris.
ACANTHACEAE	
Acanthus niger MILL.	1 agrorum, 1 hortorum.
CAPRIFOLIACEAE	
**Lonicera periclymenum* L.	1 agrorum, 11 hortorum, 2 hypnorum.
**Symphoricarpus rivularis* SUKSD.	1 agrorum, 1 hypnorum, 1 pratorum, 1 terrestris.
VALERIANACEAE	
**Valeriana officinalis* L.	1 pratorum, 1 terrestris.
DIPSACACEAE	
**Scabiosa* sp.	1 agrorum, 1 hortorum.
**Succisa pratensis* MOENCH.	2 agrorum.
**Knautia arvensis* (L.) COULT.	1 pratorum.
CAMPANULACEAE	
Campanula alliariifolia WILLD.	1 hypnorum.
Campanula pyramidalis L.	1 pratorum.
Campanula rapunculoides L.	2 agrorum, 11 hypnorum, 2 lapidarius.
Campanula rapunculus L.	1 hypnorum, 1 lapidarius.
**Campanula rotundifolia* L.	1 hypnorum.
Campanula sp.	1 lapidarius.
**Phyteuma spicatum* L.	1 pratorum.
COMPOSITAE	
**Arctium* sp.	1 agrorum, 1 hypnorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
**Bellis perennis* L. (*var. horticole*)	1 agrorum.
Calendula officinalis L.	1 hortorum, 2 lapidarius.

**Carduus crispus* L.	3 agrorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
Callistephus chinensis (L.) Nees	1 terrestris.
Centaurea calcitrapa L.	1 agrorum.
**Centaurea pratensis* L.	3 agrorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
Centaurea montana L.	1 agrorum.
**Cirsium* sp.	3 agrorum, 1 hortorum, 1 hypnorum, 1 lapidarius, 1 pratorum, 3 terrestris.
Cosmos bipinnatus Cav.	1 agrorum, 12 lapidarius, 1 pratorum, 2 terrestris.
Cosmos sulphureus Cav.	1 terrestris.
Dahlia sp.	5 agrorum, 1 hortorum, 1 lapidarius, 3 terrestris.
Echinops sphaerocephalus L.	6 agrorum, 1 hortorum, 1 hypnorum, 6 lapidarius, 12 terrestris.
Gaillardia lanceolata Michx.	5 agrorum, 2 hypnorum, 2 lapidarius.
Helianthus annuus L.	1 agrorum.
**Petasites hybridus* (L.) G.M. et Sch.	1 agrorum, 1 pratorum, 1 terrestris.
Rudbeckia laciniata L.	8 agrorum, 1 hypnorum, 2 lapidarius, 4 terrestris.
**Senecio jacobaea* L.	1 terrestris.
**Senecio nemorensis* L.	2 agrorum, 1 hypnorum, 4 lapidarius.
Serratula tinctoria L.	1 lapidarius.
Silphium perfoliatum L.	1 lapidarius, 1 pratorum, 1 terrestris.
Silphium scaberrinum Elliot.	1 hypnorum, 1 lapidarius, 1 terrestris.
Solidago canadensis L.	1 lapidarius.
Tagetes patula L.	1 agrorum, 1 pratorum, 1 terrestris.

On n'a relevé que deux sortes de fleurs qui ont attiré les six espèces de Bourdons, il s'agit des *Rubus* et des *Cirsium*. Ces plantes favorites sont précisément parmi les plus maltraitées de la région : on les détruit de plus en plus, les *Cirsium* (et les *Carduus*) sont même détruits obligatoirement, en application de la législation sur l'échardonnage. Pour les autres plantes révélées favorites dans les limites de cette prospection, voici le total des « observations particulières » avec mention des bourdons qu'on n'a pas vus :

Lupinus luteus : 29 observations, aucun *hortorum*.
Anchusa officinalis : 27 observations, aucun *lapidarius*.
Hyssopus officinalis : 26 observations, aucun *pratorum*.
Echinops sphaerocephalus: 26 observations, aucun *pratorum*.
Veronica spicata : 23 observations, aucun *hortorum*.
Clarkia elegans : 22 observations, ni *hortorum*, ni *hypnorum*, ni *pratorum*.
Lavandula spica: 21 observations, aucun *pratorum*.

Comme toutes ces espèces favorites figurent dans la liste des plantes particulièrement surveillées, on pourrait difficilement expliquer les absences par un effet du hasard. Il faut incriminer partiellement le fait que le *Bombus pratorum* est sensiblement moins abondant que les autres es-

pèces autour de mon jardin, mais cela ne peut tout expliquer. Le *Bombus hypnorum* a un taux d'abondance identique ou inférieur à celui de *pratorum*, et je l'ai observé sur toutes les fleurs favorites, sauf sur *Clarkia elegans*.

Pour chaque bourdon, le nombre total des espèces butinées, s'établit comme suit :

agrorum :	106	espèces butinées (289 observations)
terrestris :	91	espèces butinées (191 observations)
lapidarius :	61	espèces butinées (132 observations)
hortorum :	45	espèces butinées (97 observations)
hypnorum :	44	espèces butinées (88 observations)
pratorum :	40	espèces butinées (70 observations) (nombre total des espèces butinées par les six espèces de bourdons : 185).

Ces chiffres sont parmi les plus élevés de ceux qu'on peut trouver dans la littérature sur le comportement régional des bourdons. A titre de comparaison, Alfken (1913) obtient les chiffres suivants pour les mêmes espèces dans la région de Brême : 86 espèces butinées par les femelles et les ouvrières d'*agrorum*, 92 pour *terrestris*, 73 pour *lapidarius*, 76 pour *hortorum*, 5 pour *hypnorum* (rare alors) et 21 pour *pratorum* (pourtant commun). Il n'y a pas 50 % de plantes communes entre la liste d'Alfken et la mienne, ce qui montre bien que les incidences locales et fortuites jouent un rôle prépondérant et confirme la conclusion de Kugler (1943) suivant laquelle il est bien difficile de dégager des traits dominants dans le comportement floral des bourdons. Toutefois, il n'est pas sans intérêt de remarquer que dans les deux relevés, *agrorum* et *terrestris* se disputent la liste la plus longue. Dans le mien, le classement rappelle en outre et beaucoup mieux ce qui fut obtenu par Walton (1) au Pays de Galles et par Stapel (1) au Danemark pour *agrorum*, *terrestris* et *lapidarius*, soit :

	Pays de Galles	Danemark	Région liégeoise
agrorum	70	61	106 espèces butinées
terrestris	45	43	91 » »
lapidarius	27	18	61 » »

Il paraît difficile d'expliquer le contraste entre ces espèces et *pratorum* pour qui on arrive si difficilement à une liste record de 10 espèces botaniques butinées, par un simple effet de la composition numérique des populations. Mes notes indiquent que dans bien des cas, la floraison d'une espèce appréciée fait apparaître une espèce de bourdon rarement vue auparavant, qui disparaît après cette floraison. Ainsi, *Bombus hortorum*

(1) D'après Brian (1954).

devient un visiteur régulier de mon jardin pendant la floraison des *Delphinium*, il est rare aux autres moments. En 1959, je n'avais vu que de rares individus isolés de *Bombus pratorum* dans mon jardin lorsque *Phacelia tanacetifolia* commença à s'épanouir, cette fleur attira dès lors régulièrement plusieurs *Bombus pratorum* (9 observations sur 20 jours), qui disparurent après cette floraison. Le tableau I fait mention de six observations de *Bombus hypnorum* aux fleurs de *Cotoneaster simonsii*, toutes furent faites en 1955, l'année avant, ces fleurs n'avaient attiré que les ouvrières d'une guêpe : *Vespula silvestris*, les années suivantes elles permirent d'observer une fois *Bombus agrorum* et trois fois *Bombus lapidarius*, jamais plus *hypnorum* pourtant présent dans le voisinage, sur d'autres fleurs. Bien d'autres faits qu'il serait fastidieux d'exposer me paraissent justifier l'impression générale que *les trois espèces à longue liste de fleurs butinées* (*agrorum, terrestris, lapidarius*) *ont un comportement moins rigidement conservateur que les trois autres* (*hortorum, hypnorum, pratorum*) *et ont des capacités d'exploration plus grandes, autorisant plus de fantaisies.* (1).

***

Les six bourdons étudiés se classent dans l'ordre suivant sous le rapport de la longueur normale de leur trompe : *hortorum* > *agrorum* ± = *lapidarius* > *hypnorum* ± = *pratorum* > *terrestris*. On sait depuis longtemps que les bourdons limitent leur choix à des fleurs à corolle plus ou moins longue en raison de la longueur de leur trompe. On le confirme ici puisque *hortorum* s'est trouvé le plus souvent exploitant des fleurs à corolle longue et plus ou moins irrégulière comme *Aconitum, Delphinium, Salvia officinalis, Digitalis, Lonicera periclymenum*, etc., tandis que *terrestris* évite généralement ces fleurs et préfère les corolles courtes, les autres espèces ayant un comportement plus ou moins intermédiaire. Il suffit cependant de parcourir le Tableau I pour constater que la relation n'est guère absolue et n'explique qu'un seul fait : *hortorum* parvient à butiner des fleurs dont le pollen et les nectaires sont inaccessibles à la trompe des autres, il ne se prive néanmoins pas des ressources offertes par des fleurs plus courtes et plus ouvertes et se rencontre souvent en compagnie de *terrestris* dans ces conditions.

***

(1) Un autre argument en faveur du caractère conservateur et médiocrement explorateur du *Bombus pratorum* paraît résulter de la découverte de Brian (1957) suivant laquelle cette espèce est agressive vis-à-vis des autres, surtout vis-à-vis d'*agrorum* qui résiste mal à sa compétition. Si *pratorum* se montrait moins difficile dans le choix de ses sources de nectar et de pollen et si ces populations étaient plus denses, on est en droit de se demander si *agrorum* resterait le bourdon le plus commun de la plupart des régions où les deux espèces cohabitent.

Pour aller plus loin dans l'exploitation des résultats, on a détaillé la fréquence des observations dans le Tableau II. Celui-ci montre que, dans la majorité des cas, une observation particulière doit être tenue pour assez fortuite. La majorité des espèces de chacune des six listes n'ont été visitées qu'une fois. Même parmi celles qui ont fait l'objet d'une surveillance plus facile et plus fréquente, bien peu ont été visitées plus de 5 fois, les cas suivants étant vraiment exceptionnels : *Lupinus luteus* (16 fois terrestris), *Hyssopus officinalis* (16 fois agrorum), *Anchusa officinalis* (15 fois agrorum), *Delphinium ambiguum* (15 fois hortorum). On en infère logiquement que la nutrition des larves et des adultes de ces six espèces de bourdons est assurée d'une façon très hétérogène, certainement très différente d'une année à l'autre, d'une saison à l'autre, et d'un lieu à l'autre. Peu d'Hyménoptères acceptent des régimes aussi imprévisibles et variés.

TABLEAU II. — **Fréquence des observations détaillées dans le tableau précédent**

Espèces botaniques	par les espèces de Bourdons : agrorum	hortorum	hypnorum	lapidarius	pratorum	terrestris
butinées						
1 fois	55	31	28	34	28	55
2 »	18	7	6	12	7	14
3 »	9	1	6	8	1	10
4 »	5	1	0	3	0	5
5 »	4	1	0	0	2	2
6 »	5	1	2	1	1	2
7 »	2	0	1	0	0	0
8 »	2	1	0	0	0	1
9 »	0	0	0	1	1	0
10 »	2	0	0	0	0	0
11 »	1	1	1	0	0	0
12 »	0	0	0	2	0	1
15 »	1	1	0	0	0	0
16 »	1	0	0	0	0	1
Total des observations S = 867)	289	97	88	132	70	191
Nombre d'espèces botaniques butinées par chaque espèce de bourdon	106	45	41	61	40	91

Quand on met sur graphique les fréquences détaillées dans le Tableau II, on obtient dans les six cas une courbe d'allure hyperbolique très suffisante. Cela oblige à considérer que les données réunies obéissent à une loi mathématique et ont une signification générale malgré la complexité des phénomènes qui interfèrent et l'aléa des observations glanées au hasard. On doit donc supposer que les bourdons qui habitent une aire donnée, même aussi peu homogène que la région liégeoise, se comportent spécifiquement en suivant des normes statistiques garantissant une certaine cohérence. Ils s'adressent exceptionnellement à une multitude de fleurs trouvées au hasard, moins exceptionnellement à un nombre plus restreint d'autres fleurs, avec constance à un petit nombre de fleurs privilégiées. On aurait pu supposer que cette fidélité avantage des espèces autochtones et rappelle un comportement ancestral plus oligotrope. Il n'en est rien : les plantes favorites sont presque toutes (seule exception : les *Rubus* et *Circium*), des espèces introduites, souvent brusquement introduites par l'expérimentateur, et maintenues artificiellement dans la région. Dans ces conditions, le comportement des bourdons est directement tributaire de l'œuvre des jardiniers et des urbanistes et la flore spontanée ne joue plus qu'un rôle désuet.

***

Le Tableau I recense 185 espèces botaniques (1) appartenant à 41 familles. Il ne suggère pas, à première vue, que chaque espèce de bourdon fasse un choix en faveur de certaines familles. Un cas est cependant digne d'attention : *seul Bombus terrestris butine les Ombellifères.* En y regardant de plus près, on découvre bientôt que chaque famille botanique bien étudiée (plusieurs espèces, observations particulières assez nombreuses) admet un type particulier de relation avec les six espèces de bourdons. C'est ce qui apparaît dans la figure 1. Celle-ci a été obtenue en classant les six espèces de bourdons non plus par ordre alphabétique mais par ordre d'affinités taxonomiques. Pour chacune, on a représenté la nombre total d'observations relatives à une famille botanique, en séparant les données recueillies méthodiquement (sur les fleurs fréquemment surveillées de la liste p. 183) et les données recueillies plus au hasard (çà et là dans la région prospectée, au Jardin Botanique, etc.).

On voit de suite que les représentants d'une famille botanique attirent globalement une espèce de bourdon beaucoup plus que les autres : les *Ranunculaceae* attirent *hortorum*, les *Crassulaceae* attirent *lapidarius*, les *Leguminosae*, *Boraginaceae*, *Labiatae* et *Scrophulariaceae* attirent particu-

(1) Un peu plus, en raison des espèces groupées sous la mention « sp. » ou « div. sp. ».

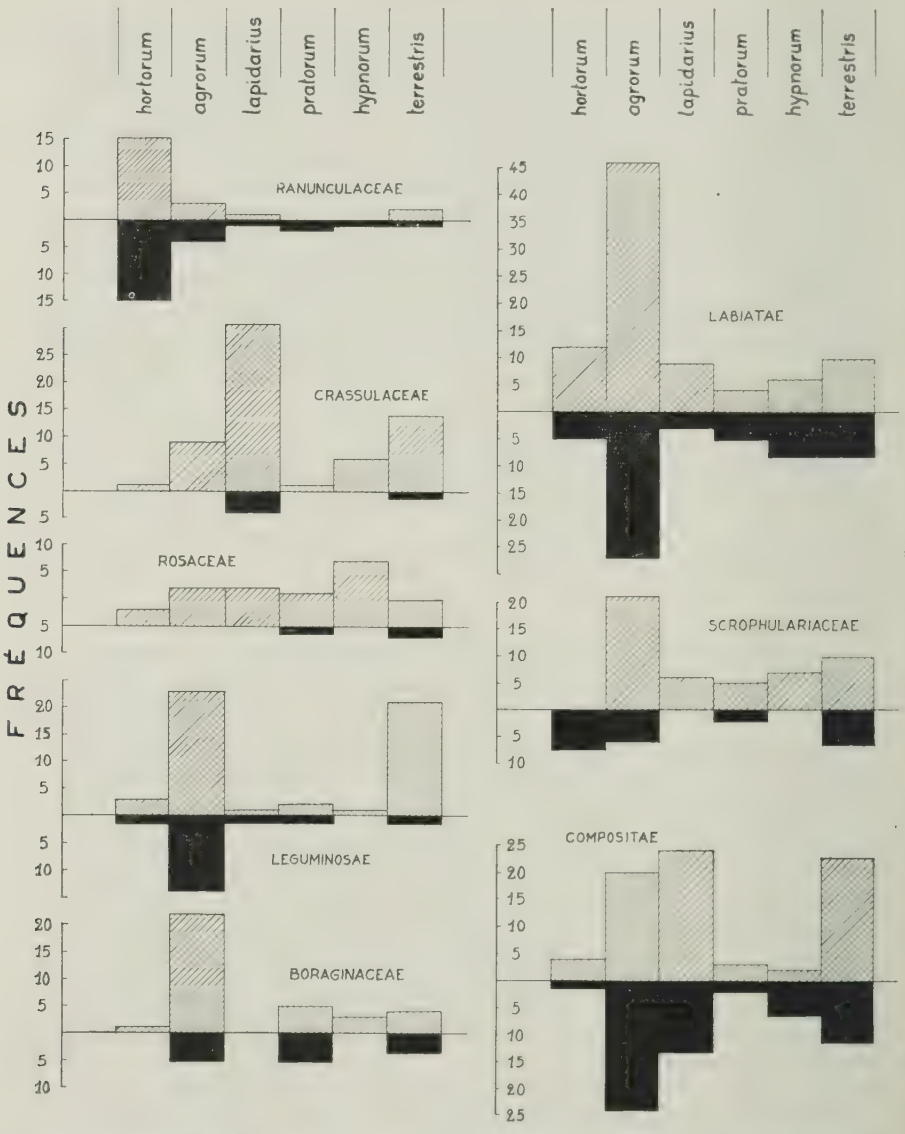

FIG. 1. — Fréquence des observations relatives à huit familles botaniques bien représentées.

Histogrammes hachurés : données recueillies pour des espèces observées méthodiquement (sur des fleurs fréquemment surveillées).

Histogrammes noircis : données recueillies au hasard des excursions ça et là dans la région.

lièrement *agrorum* mais diffèrent pour ce qui concerne les visites des autres bourdons, les *Leguminosae* par exemple attirant remarquablement *terrestris*. Les *Compositae* attirent à peu près également *agrorum*, *lapidarius* et *terrestris*, mais bien peu les trois autres. Quant aux *Rosaceae*, elles acceptent à peu près également cinq espèces, mais un peu davantage *hypnorum*.

Quelle est la rigueur de ces résultats? Ils ne peuvent s'expliquer simplement par l'échantillonnage des espèces botaniques représentées, ni par la participation majoritaire de telle ou telle fleur déjà révélée favorite pour telle espèce de bourdon. En effet, nous disposons de deux échantillonnages différents (données recueillies méthodiquement et données recueillies fortuitement) et les graphiques obtenus pour les deux échantillonnages sont pratiquement superposables. D'autre part, on ne produit pas des résultats contradictoires en essayant de corriger les graphiques par la suppression de telle ou telle plante dont on met en cause l'intervention prépondérante.

La signification de ces résultats est évidemment introuvable pour le moment et je conçois mal des hypothèses susceptibles d'en rendre compte. Rien n'est expliqué si on conclut que chaque espèce de bourdon paraît avoir un sens discriminant de la classification des plantes en familles. On ne peut exclure en tous cas l'hypothèse d'une réaction préférentielle aux caractères biochimiques généraux de la famille, assez nette pour se révéler en dépit de tous les facteurs qui sont en jeu, depuis les relations « trompe-corolle » et les couleurs préférées, jusqu'aux hasards de toute sorte qui rendaient bien improbables ce qui est évident dans la figure 1.

Summary

867 visits of Bumblebees to flowers were recorded from 1945 to 1959, in the district of Liège. The whole list of flowers on which at least one Bumblebee was seen reaches over 185 names. No Bumblebee was ever seen on 36 other flower species.

The only wild flowers often visited by all the Bumblebees belong to *Rubus* and *Cirsium* (whose representatives are anyway regressing, *Cirsium* is even the victim of a legal act prescribing the eradication of thistles). So Bumblebees depend much on introduced garden and park flowers for maintaining their populations. Garden flowers such as *Lupinus*, *Anchusa*, *Hyssopus*, *Echinops*, *Veronica spicata*, *Clarkia* and *Lavandula* attract great numbers of Bumblebees ; however in the present census, none of them attracted *all* the Bumblebee species.

Bombus agrorum was recorded 289 times on a total of 106 plants, *terrestris* 191 times on 91 species, *lapidarius* 132 times on 61 species, *hortorum* 97 times on 45 species, *hypnorum* 88 times on 44 species, and *pratorum* 70 times on 40 species.

In spite of various inconsistencies, each list of visited flowers shows specific trends. Each Bumblebee species (or population?) prefers a few flowers, visits more or less frequently some others, and just occasionally the majority of the

other species quoted in the specific list. This cannot be entirely explained by the relative abundances of plants or Bumblebees, nor by the idiosyncrasies of the census. The factors demonstrated by Brian (1957) play undoubtly a great part. One should also stress many instances of individual, local and annual fancies. It seems also that some species e.g. *pratorum* are more conservative in their habits than others.

Special reference is made to plant families for which abundant records were gathered, involving several unrelated species, some observed quite regularly, some purely at random (Fig. 1). In these cases, it becomes obvious that a given plant family produces a differential effect, attracting generally one Bumblebee species more than the others, as if there was some kind of specific discrimination at the level of the plant families.

BIBLIOGRAPHIE

Alfken, J. D. 1913. Die Bienenfauna von Bremen. *Abhandl. Naturwiss. Verein Bremen*, **22**.

Brian, A. D. 1954. The foraging of Bumble Bees. *Bee World*, **35**, pp. 61-81.

Brian, A. D. 1957. Differences in the flowers visited by four species of Bumble-Bees and their causes. *J. Anim. Ecol.*, **26**, p. 71.

Jaeger, P. 1957, Revue de biologie florale. Les aspects actuels du problème de l'entomogamie. *Bull. Soc. Bot. France*, **104**, pp. 179-352.

Knuth, P. 1898. Handbuch der Blütenbiologie. *Leipzig, Engelmann.*

Kugler, H. 1943. Hummeln als Blütenbesucher. *Ergebn. Biol.*, **19**, p. 143.

Leclercq, J. 1942. Notes sur les Hyménoptères des environs de Liège (3e série). Observations sur le choix des fleurs butinées. *Ann. Soc. R. Zool. Belg.*, **73**, p. 1.

Leclercq, J. 1945. Les butineurs de l'Hellébore verte. *Lambillionea*, **45**, p. 28.

Leclercq, J., Jeuniaux, Ch. et Schoffeniels, E. 1954. La situation et l'importance économique de la faune autochtone dans la Région liégeoise. *Nouv. Rev. Wallonne*, **6**, n° 4 et **7**, n° 1.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES VIRUS DU BEGONIA

Étude de quelques isolements effectués à partir de "Begonia tuberhybrida,, (*) (**)

par Jean Semal

Laboratoire de Pathologie végétale,
Institut agronomique, Gembloux.

Introduction

La culture du bégonia tubéreux (*Begonia tuberhybrida*) constitue une activité importante de l'horticulture belge qui exporte annuellement des tubercules pour une valeur estimée à 40 millions de francs. Les bégonias tubéreux sont cultivés en pleine terre pendant une saison et fournissent à l'automne des tubercules qui sont commercialisés et remis en végétation par les utilisateurs l'année suivante pour l'obtention de plantes fleuries.

Le type *multiflore* est cultivé différemment suivant les variétés : les plantes mises en végétation en peine terre proviennent soit de boutures prélevées sur des pieds-mères forcés en serre à partir de tubercules, soit de semis effectués sous verre, soit encore de tubercules plantés directement à l'extérieur.

Au contraire, la multiplication de la formes *grandiflore* se fait essentiellement à partir de la graine. Les tubercules destinés à la production des porte-graine sont plantés sous verre en février-mars, et les plantes qui en sont issues s'y développent jusqu'à la récolte des semences. Les plantules destinées à la production de tubercules commerciaux sont semées en février-mars et cultivées sous verre jusqu'à leur transplantation définitive au champ au mois de juin.

(*) Déposé à la rédaction le 9 septembre 1960.

(**) Communication présentée à l'Association pour les Études et Recherches de Zoologie appliquée et de Phytopathologie (A.E.R.Z.A.P.) le 11 mai 1960.

Jusqu'à présent, les maladies à virus des bégonias ont été peu étudiées. Parmi les données récentes, SMITH (1952) et NOORDAM (1952) signalent des infections naturelles de bégonia par le virus de la mosaïque du concombre (V.M.C.) et par le virus du « spotted wilt » de la tomate. L'infection artificielle de *Begonia semperflorens* par le V.M.C. a été obtenue par PRICE (1940), mais non par ROLAND (1955). VALK (1955) a isolé de *Begonia tuberhybrida* un virus qui a été rattaché au V.M.C. sur la base d'un essai de premunition contre la variante « jaune » de ce virus. Enfin, BRIERLEY ET TRAVIS (1958) ont isolé de *Begonia* un V.M.C. typique, ainsi qu'un virus d'abord identifié comme appartenant au groupe « tobacco necrosis virus » mais qui a été ultérieurement rattaché au groupe « tobacco rattle virus » (BRIERLEY *in litteris*).

***

§ 1. - Symptômes virologiques observés dans les cultures de Bégonias en Belgique

Nous avons effectué en 1958 et 1959 des observations sur l'état sanitaire des cultures de begonias grandiflores et multiflores de la région de Gand (1). Ces examens ont fourni les résultats suivants :

BEGONIAS MULTIFLORES : toutes les variétés issues de tubercules et multipliées végétativement depuis de nombreuses années présentent un pourcentage important de plantes extériorisant des syptômes virologiques, (surtout visibles lorsque les individus sont jeunes) qui peuvent s'atténuer en cours de croissance. Ces symptômes sont extrêmement variables : anneaux concentriques et lignes sinueuses parallèles (« *empreintes digitales* » (photo 1)), ponctuations et petites stries jaunes, mosaïques, lignes et anneaux nécrotiques brun-rougeâtre, déformation du limbe, etc...

BEGONIAS GRANDIFLORES : en 1958 et 1959, les symptômes virologiques étaient peu répandus dans les cultures de bégonias grandiflores, avec localement quelques exceptions. Ils étaient plus homogènes que ceux observés sur les bégonias multiflores, et se présentaient de la façon suivante : sur certaines feuilles, plages arrondies ou anneaux verts sur fond chlorotique, (photo 1), ou chlorotiques sur fond vert ; sur d'autres feuilles (éventuellement de la même plante) petites stries et arcs jaunes, très nombreux, accom-

(1) Nous remercions MM. DELFOSSE, Directeur provincial des Services agricoles, MAYENS, et MATTHIJS, Inspecteurs du Service de la Protection des Végétaux, de l'aide qu'ils ont bien voulu nous apporter en cette circonstance.

pagnés ultérieurement de dépressions sinueuses de la surface du limbe, qui en s'approfondissant donnent aux vieilles feuilles un aspect de « *lèpre* » (photo 2). On rencontre également quelques cas de dessins nécrotiques ou chlorotiques en forme de « *feuille de chêne* » (photo 5) et d'« *empreintes digitales* » formées de lignes parallèles et d'anneaux concentriques. Rarement, on observe de la nécrose des nervures (photo 3).

Les plantes issues de semis et infectées au champ (infection primaire) sont généralement rabougries, ont le feuillage « *lépreux* » et se distinguent aisément des plantes saines en septembre-octobre.

Sur les porte-graine issus de tubercules (symptômes secondaires), les altérations de la coloration foliaire sont généralement moins graves, les plantes virosées ont une taille et une floraison quasi normales et certaines de leurs feuilles sont dépourvues de tout symptôme.

***

§ 2. — Étude de divers isolements effectués à partir de « Begonia tuberhybrida » multiflores

Des essais d'isolement de virus ont été effectués à partir de bégonias dont le feuillage extériorisait des symptômes virologiques. Les transmissions mécaniques ont été effectuées en écrasant les feuilles des plantes-sources dans un mortier, en neutralisant l'extrait par NaOH (1) et en frottant le jus ainsi obtenu sur le feuillage des plantes-tests préalablement saupoudrées de carborandum.

Les transmissions par pucerons ont été effectuées au moyen de *Myzus persicae* élevés sur betteraves ou sur tulipes. Les insectes utilisés ont été mis à jeûner pendant 2 à 3 heures dans une boîte de Pétri, ont effectué une piqûre de 1 à 2 minutes sur la plante source, et ont été transférés sur les plantes tests où ils sont demeurés pendant 24 heures.

Les plantes réactives utilisées ont été cultivées le plus souvent en serre. Dans certains cas, nous avons utilisé une loge munie d'un éclairage artificiel obtenu au moyen de tubes fluorescents, et dont la température journalière variait de 15 à 25 degrés. Lorsque les conditions de cultures ne sont pas mentionnées, il s'agit des conditions de serre.

A. — Symptomatologie

Isolement n° 1. Cet isolement a été obtenu en juillet 1958 à partir d'une feuille de bégonia multiflore présentant des plages chlorotiques peu dé-

(1) Certains extraits de bégonias sont en effet viro-inhibiteurs par suite de leur teneur élevée en acide oxalique.

finies. Le jus extrait de cette feuille a été inoculé par frottis, à de jeunes tabacs var. *Samsun* et à des plantes de bégonias grandiflores issues de semis. Les bégonias inoculés n'ont pas extériorisé de symptômes (0/3) (1), par contre, les tabacs ont réagi par quelques ponctuations nécrotiques sur les feuilles inoculées, les symptômes systémiques consistant en « vein-clearing » suivi d'une faible mosaïque accompagnée souvent de petites ponctuations nécrotiques localisées à l'extrémité de la feuille (3/3). Ces ponctuations nécrotiques étaient plus marquées pour des tabacs cultivés sous lumière artificielle. L'inoculation du jus de tabacs infectés par ce virus a provoqué une mosaïque généralisée sans réduction appréciable de la croissance chez *Cucumis sativus* (3/3) et une mosaïque sur *Nicotiana glutinosa* (3/3).

Isolement n° 2 (*juillet 1958*). — Cet isolement a été effectué à partir d'une feuille de *B. tuberhybrida* multiflore portant des ponctuations jaunes. Le jus extrait de cette feuille a été inoculé à de jeunes tabacs var. *Samsun* et à des plantules de *Begonia tuberhybrida* grandiflore issues de semis. Les bégonias n'ont pas montré de symptômes (0/3) ; les tabacs ont réagi par un « vein-banding » vert-foncé, et une très légère mosaïque non accompagnée de ponctuations nécrotiques (3/3). L'inoculation du jus de ces tabacs à *Cucumis sativus* et *Nicotiana glutinosa* a donné des symptômes semblables à ceux de l'isolement n° 1.

Isolement n° 3 (*juillet 1958*). — Cet isolement a été obtenu à partir d'une feuille de bégonia multiflore présentant des plages circulaires jaunes bordées d'une ligne nécrotique rougeâtre et localement de la nécrose des nervures. L'extrait foliaire a été inoculé à des tabacs de 20 cm. de haut et à des *Begonia tuberhybrida* grandiflores issus de graines.

De petites taches nécrotiques apparurent sur les feuilles inoculées de 2 tabacs après 8 jours ; aucun symptôme systémique ne s'est développé ultérieurement. Le jus extrait d'une feuille de tabac sur laquelle s'étaient développées ces nécroses a été inoculé, d'une part à des tabacs de 20 cm. de haut, et d'autre part à de jeunes plantules de tabacs. Dans le premier cas, les feuilles inoculées ont présenté de nombreux anneaux concentriques et lignes sinueuses nécrotiques et il n'y eut pas de symptômes systémiques ; au contraire, les jeunes plantules ont réagi après 4 jours en extériorisant quelques lignes sinueuses pointillées nécrotiques accompagnées d'anneaux jaunes et de mosaïque sur les feuilles inoculées, et des symptômes systémiques consistant en anneaux chlorotiques évoluant en plages irrégulières jaunes ou chlorotiques à bord très net souligné par une ligne vert-foncé ou nécrotique.

(1) Au numérateur : nombre de plantes donnant une réaction positive ; au dénominateur : nombre de plantes inoculées.

L'inoculation du jus de tabacs infectés par ce virus, à diverses espèces végétales, a donné les résultats suivants (1) :

Atriplex hortensis (avril 1959) : taches jaunes et nécrotiques limitées à certaines feuilles inoculées.

Begonia tuberhybrida (R) (septembre 1958, source *Begonia* et *N. tabacum*) : symptômes systémiques apparaissant sur jeunes feuilles 2 à 3 semaines après l'inoculation et comprenant : anneaux verts ou jaunes de 2-3 mm., des ponctuations jaunes et des petites stries jaunes donnant ultérieurement un aspect de *lèpre* » (5/7). (photo 2). Ces symptômes sont très semblables à ceux rencontrés sur les *B. tuberhybrida* grandiflores infectés naturellement.

Calendula officinalis (R) (avril 1959) : pas de symptômes.

Chenopodium amaranticolor (avril 1959) : taches circulaires gris-brun à centre nécrotique, limitées aux feuilles inoculées.

Chenopodium quinoa (avril 1959) : taches circulaires jaunes, devenant nécrotiques, sur les feuilles inoculées.

Cucumis sativus (R) (septembre 1958 - avril 1959) variété « blanc hâtif » : les feuilles cotylédonaires de jeunes concombres inoculées par frottis de sève après avoir été saupoudrées au carborandum ont extériorisé de nombreux petits anneaux verts à centre jaune, devenant rapidement nécrotiques. Les symptômes systémiques sur le feuillage consistent en ponctuations jaunes plus ou moins étendues pouvant former une mosaïque grave, souvent nécrosante ; les plantes sont rabougries. Lorsque l'infection a lieu par pucerons, le développement du virus est moins rapide, et la plante prend un certain développement après lequel la croissance devient réduite.

Cucurbita maxima (potiron) : taches circulaires jaunes sur feuilles inoculées, pas de symptômes systémiques.

Cucurbita pepo (courge) : taches jaunes circulaires sur feuilles inoculées ; mosaïque systémique grave.

Lycopersicum esculentum (R) (avril 1959) : taches brunes sur feuilles inoculées ; légère mosaïque systémique.

Medicago sativa : taches brunes sur feuilles inoculées ; légère mosaïque sur 1 plante.

Nicotiana glutinosa (R) : les symptômes ont varié suivant l'état de développement des plantes inoculées. En juillet 1958, les plantes âgées ont extériorisé sur les feuilles inoculées des taches circulaires jaunes devenant de plus en plus grandes et apparaissant finalement comme

(1) Lorsque le nom de la plante est suivi de (R), le virus a été réisolé sur *Nicotiana tabacum*.

des anneaux verts sur fond de chlorose générale. Il n'y eut pas de symptômes systémiques. Au contraire, des jeunes plantes inoculées dans les mêmes conditions, ont développé une mosaïque grave systémique, et quelques anneaux ou plages circulaires vert-foncé.

En avril 1959, les *Nicotiana glutinosa* ont montré des anneaux chlorotiques à centre jaunâtre sur les feuilles inoculées (photo 7), et une mosaïque systémique ; dans un cas, on a observé un symptôme en « feuille de chêne » (photo 6).

Nicotiana tabacum (R) : les symptômes extériorisés se sont montrés extrêmement variables. D'une façon générale, ils se présentaient comme suit en septembre-novembre 1958 pour la variété « Samsun » :

a) sur feuilles inoculées : lignes sinueuses, en « feuille de chêne » ou concentriques, formées par une succession de petits points nécrotiques (photos 9 et 12) ; formation de plages vert-foncé (entourées d'une ligne nécrotique pointillée) sur fond clair ; anneaux simples ou concentriques, à centre vert sur fond vert (plus rarement, anneaux verts à centre jaune sur fond chlorotique) ; taches circulaires jaunes entourées d'une ligne nécrotique.

b) sur feuilles infectées par voie systémique : anneaux et mosaïque jaune (photo 10) évoluant en plages jaunes ou chlorotiques, parfois internerviennes (photo 14), généralement bordées d'un ou plusieurs fins liserés vert-foncé ou nécrotiques (photo 13) ; parfois présence d'anneaux simples ou concentriques vert-foncé ou nécrotiques ; symptômes en forme de « feuilles de chêne » (photo 11), lignes sinueuses vert-foncé et vert-clair (photo 15), légère boursouflure du limbe donnant naissance à des petites cuvettes de couleur vert-foncé. Ces symptômes s'estompent généralement à partir de la 1e feuille développée après l'infection. Ils peuvent réapparaître sur de jeunes feuilles après qu'un certain nombre de feuilles apparemment saines se soient développées. Certaines plantes inoculées en juillet 1958, sont demeurées sans symptômes jusqu'en avril 1959, époque à laquelle des symptômes nécrotiques très violents sont apparus sur des feuilles nouvellement formées. La reinoculation du jus de feuilles apparemment saines à *Nicotiana tabacum*, a montré que le virus était présent dans ces feuilles.

Sur les tabacs cultivés sous tube fluorescent, les symptômes nécrotiques étaient plus accentués que sur les tabacs cultivés en serre.

Les symptômes généraux sur la variété « White Burley » étaient semblables à ceux décrits pour la variété « Samsun » mais moins marqués. Le limbe des feuilles présentait souvent des dépressions et des boursouflures.

Nicandra physaloïdes : cercles et anneaux jaunes systémiques.

Phaseolus vulgaris : (avril 1959) var. « The Prince » et « Saxa » : absence de symptômes, ou petites lésions brunes limitées aux feuilles inoculées.

Pisum sativum : pas de symptômes.

Spinacia oleracea : jaunissement généralisé, nanisme.

Tetragonia expansa (R, avril 1959) : petites taches jaunes et nécrotiques sur certaines feuilles inoculées.

Tropaeolum majus (avril 1959) : petites taches brunes à centre nécrotique sur les feuilles inoculées.

Vicia faba (R, avril 1959) : petites taches brun-foncé sur certaines feuilles inoculées.

Vigna sinensis (avril 1959) : lésions locales brun-rougeâtre sur les feuilles cotylédonaires inoculées.

Zinnia elegans (avril 1959) : légère mosaïque jaunâtre.

Isolements n° 4 et 5 (*février 1959*). – Ces virus ont été inoculés à *Cucumis sativus* par *Myzus persicae* (temps de piqûre de 1 min.) : le premier à partir d'un bégonia multiflore dont les feuilles présentaient des anneaux chlorotiques et du jaunissement internervien, le second à partir d'un bégonia dont les feuilles portaient de nombreuses petites stries jaunes. Les symptômes extériorisés par ces deux isolements sur *Cucumis sativus*, *Chenopodium quinoa*, *Nicotiana glutinosa* et *Nicotiana tabacum* sont semblables à ceux de l'isolement n° 3.

Sur *Phaseolus vulgaris* (var. Pinto et Saxa), l'inoculation d'extraits de tabac et de concombre virosés a déterminé l'apparition de petites ponctuations brunes, rares dans le premier cas, plus nombreuses dans le second cas.

Isolement n° 6 (*avril 1959*). — Cet isolement a été obtenu à partir d'une plante de bégonia multiflore dont les feuilles présentaient des anneaux verts et jaunes concentriques accompagnés de lignes sinueuses (*empreinte digitale*) (photo 4). Le jus extrait de cette plante a été inoculé à des jeunes plantes de tabac. Sur une des feuilles inoculées sont apparues deux plages jaunes portant des anneaux concentriques formées de petites nécroses circulaires (photo 12). Aucun symptôme systémique ne s'est manifesté.

Le virus isolé à partir de cette plage jaune a fourni les symptômes suivants :

Begonia tuberhybrida grandiflore

var. rouge foncé (source : concombre) : jaunissement des feuilles inoculées, petites stries jaunes sur jeunes feuilles (2 plantes) ;

var. cuivré (source : concombre) : sur une plante, plages circulaires bordées de vert foncé ; nombreux anneaux concentriques sur jeunes feuilles (*empreinte digitale*) ; sur la deuxième, nombreuses ponctuations jaunes sur jeunes feuilles ; sur la troisième, aucun symptôme (3 plantes).

Cucumis sativus : taches circulaires jaunes sur les cotylédons ; taches circulaires ou anneaux jaunes accompagnées de mosaïques sur les feuilles.

Cucurbita pepo : mosaïque grave, nanisme.

Nicotiana glutinosa : ponctuations jaunes, et anneaux jaunes et nécrotiques.

Nicotiana tabacum : quelques taches et anneaux nécrotiques, sur feuilles inoculées ; généralement pas de symptômes systémiques.

Phaseolus vulgaris : néant.

Isolement n° 7 (*juin 1959*). — Cet isolement a été effectué par jus à partir d'un bégonia multiflore dont les feuilles présentaient des petites stries jaunes et des anneaux verts sur fond jaune. Il a fourni les symptômes suivants :

Begonia tuberhybrida grandiflore (*var. cuivré*) : anneaux concentriques verts et jaunes, taches circulaires vertes et lignes en zigzags parallèles sur feuilles moyennes (*empreintes digitales*) ; stries jaunes sur jeunes feuilles.

Cucumis sativus : mosaïque généralisée.

Nicotiana glutinosa : taches jaunes et anneaux chlorotiques.

Nicotiana tabacum : taches circulaires jaunes et anneaux nécrotiques sur feuilles inoculées ; symptômes en « feuilles de chêne » jaunes sur feuilles moyennes.

Phaseolus vulgaris : néant.

B. — Transmission

Transmission par Myzus persicae.

Les essais ont été effectués en déposant les pucerons virulifères sur des morceaux de papier placés sur les feuilles afin d'exclure toute possibilité d'infection mécanique. De cette manière ont pu être transmis les isolements n^{os} 3, 4, 5. Les résultats obtenus en juillet et septembre 1958, avec l'isolement n° 3 sont repris dans le tableau 1.

Tableau 1

Essais de transmission par *Myzus persicae* (isolement n° 3)

Plante source	Plante-test	Résultats (1)
tabac	tabac	1/2
»	*N. glutinosa*	1/4
»	concombre	2/3
»	»	6/6
»	»	4/5
»	»	3/4
concombre	»	3/5

(1) Au numérateur : nombre de plantes infectées ; au dénominateur : nombre de plantes inoculées.

Persistance.

Un essai a été effectué pour déterminer la persistance du virus. Des pucerons ayant jeûné 2-3 h. se sont alimentés pendant 1 min. sur tabac virosé, puis ont été transportés immédiatement par groupes de 5 pucerons par plante sur 5 concombres (1re série) où ils sont demeurés pendant 5 min. Ils ont ensuite été transportés successivement sur trois autres séries de 5 concombres avec des écarts de 5 min. entre chaque série. Les résultats obtenus sont repris dans le tableau 2.

TABLEAU 2
Essais de persistance

N° série concombre	Temps après la piqûre sur la plante source	Résultats (1)
1	—	5/5
2	5 min.	4/5
3	10 min.	1/5
4	15 min.	0/5

(1) Au numérateur : nombre de plantes infectées ; au dénominateur : nombre de plantes inoculées.

L'isolement n° 3 est donc aisément transmissible par *Myzus persicae* et est du type non persistant.

Transmission par la graine et par le sol.

Des semences ont été prélevées sur des tabacs infectés par l'isolement n° 3, et semées en terreau stérilisé. Aucune des plantes développées n'a présenté de symptôme virologique.

Des plantes de tabacs repiquées dans du terreau dans lequel avaient végété des tabacs infectés de l'isolement n° 3 n'ont pas montré de symptômes virologiques ; d'autre part, des extraits radiculaires et des particules de sol provenant de racines de bégonias infectés ont été inoculés à des plants de *N. tabacum*, mais sans résultat.

C. — TEMPÉRATURE D'INACTIVATION

Isolement n° 3.

Un premier essai a été effectué en septembre 1958, en serre.

Le jus de feuilles de tabac infectés par le virus a été extrait au mortier, chauffé pendant 10 min. aux températures de 70°, 58° et 52° C., dans un bain-marie thermostatique, la température étant contrôlée par un thermo-

mètre placé dans le jus soumis au chauffage. Ce dernier a été ensuite refroidi et inoculé à des plantes de tabac possédant 7 feuilles développées

Les plantes inoculées avec le jus chauffé à 52 et 58° C. ont extériorisé des réactions locales sous forme d'anneaux et de lignes nécrotiques pointillées et des réactions systémiques typiques du virus étudié. Celles inoculées avec le jus chauffé à 65° et 70° C. n'ont montré que quelques petites taches nécrotiques sur les feuilles inoculées, mais aucun symptôme systémique. Le jus extrait des surfaces foliaires nécrosées a été inoculé à des jeunes plantes de tabac qui ont extériorisé après 4 jours les symptômes typiques du virus primitif.

Le jus de feuilles non inoculées des tabacs ayant réagi par des nécroses locales à l'inoculation par le jus infectieux chauffé à 70° C., a été inoculé à de jeunes plantes de tabac et de concombre pour y déceler une éventuelle latence ; les plantes inoculées sont demeurées saines.

Dans un second essai, effectué en janvier 1959, avec des plantes-tests cultivées sous tubes fluorescents, le virus était encore virulent après un chauffage de 10 min. à 65° C, mais ne l'était plus après chauffage à 70° et 75° C.

D. — Prémunition

Des séries de 5 plantes infectées par des virus isolés de bégonias, ont été inoculées ultérieurement avec un certain nombre d'autres virus. Les résultats obtenus sont repris au tableau 3, p. 209.

E. — Purification et examen au microscope électronique

Des essais de purification de l'isolement n° 3 (1) ont été effectués à partir de feuilles de tabac et de bégonia infectées par ce virus. Nous avons utilisé les techniques de centrifugation fractionnée, d'extraction au chloroforme-butanol (Steere, 1956), et des gradients de densité (Brakke, 1958). Ces essais ne nous ont pas fourni de produits finaux infectieux.

Des préparations effectuées avec les produits finaux obtenus, ainsi que des préparations effectuées par trempage de pétioles de feuilles virosées dans l'eau distillée, ont été examinées au microscope électronique (2). Aucune différence interprétable n'a été observée entre ces préparations et celles obtenues à partir de plantes saines ayant subi le même traitement. L'échec de ces essais peut-être attribué soit à une dénaturation du virus,

(1) Effectués au « Laboratorium voor Virologie » de Wageningen ; nous remercions vivement le prof. Thung, Directeur de ce Laboratoire, pour son hospitalité.

(2) Ces observations ont été effectuées par Mlle van der Scheer et M. Henstra, du service « Physico-Technique » de Wageningen ; nous les en remercions bien sincèrement.

TABLEAU 3

Résultats des tests de prémunition

Plante	Virus inoculé en premier lieu	Virus inoculé en second lieu	Résultats (1)
N. tabacum	Isolement n° 1	Variante « jaune » du V.M.C.	0/5
N. tabacum	Isolement n° 2	Variante « jaune » du V.M.C.	0/5
N. tabacum	Néant (témoin)	Variante « jaune » du V.M.C.	5/5
N. tabacum	Isolement n° 3	Variante « jaune » du V.M.C.	3/3 (2)
»	»	»	4/4 (6)
»	»	»	3/3
»	»	« tobacco ringspot virus » (3)	5/5
»	»	« kartoffel bukett virus » (4)	5/5
»	»	« lucerne mosaic virus » (5)	2/2
Zinnia elegans	Isolement n° 3	Variante « jaune » du V.M.C.	0/3

(1) Au numérateur nombre de plantes ayant extériorisé les symptômes du virus inoculé en second lieu ; au dénominateur : nombre de plantes inoculées.

(2) Essai effectué dans les mêmes conditions que ceux des isolements n° 1 et 2.

(3) Isolement fourni par le Dr K. M. SMITH de Cambridge.

(4) Isolement fourni par le Dr BERCKS de Braunschweig.

(5) Isolement fourni par le Dr GIBBS de Rothamsted.

(6) Avec un certain retard par rapport au témoin.

soit au fait que ce dernier demeure adhérent à des fractions grossières qui sont éliminées au cours du traitement.

F. — SÉROLOGIE

Des essais sérologiques (1) effectués avec les isolements n° 1 et 3 par la méthode de VAN SLOGTEREN (1958) ont donné des résultats négatifs pour les sérums obtenus avec les virus suivants : le virus de la mosaïque du

(1) Effectués au Laboratorium voor Bloembollenonderzoek de Lisse, laboratoire de Mr D. VAN SLOGTEREN auquel nous adressons tous nos remerciements.

tabac, le virus X de la pomme de terre, le virus Y de la pomme de terre, un virus nécrosant isolé de concombre (Van Koot, 1955) et le virus de l'aspermie de la tomate.

D'autre part, un essai de diffusion dans un gel d'agar avec un serum anti « lucerne mosaic virus » a donné un résultat négatif pour l'isolement n° 3 (Gibbs, communication personnelle).

Par contre, les isolements n^{os} 1, 3, 4, 5, 6 ont réagi dans plusieurs essais de diffusion en gel d'agar avec le serum anti « tomato aspermy virus » préparé par Van Slogteren (1959) ; généralement on n'a obtenu qu'une seule ligne de précipitation (photo 19) ; dans certains cas cependant (isolements 4 et 5) on a observé une double ligne de précipitation.

Le serum anti « tomato aspermy virus » a également réagi positivement avec le virus « lily ringspot virus », mais non avec le virus « nasturtium ringspot virus » (Smith 1952).

*
* *

§ 3. — L'épidémiologie des virus du bégonia

L'origine des maladies à virus chez le *Begonia tuberhybrida* multiflore ne pose guère de problèmes, étant donné que la reproduction végétative y est en règle. La presque totalité des plantes existantes sont atteintes de viroses et les quelques essais de sélection massale qui ont été réalisés sont demeurés sans résultats à ce jour. Par contre, les types reproduits par la graine (par exemple *Maxima*) sont exempts de symptômes virologiques.

En ce qui concerne les *Begonia tuberhybrida* grandiflore, un nombre restreint de porte-graine présentent des symptômes secondaires d'affections virologiques. L'examen de dizaines de milliers de jeunes plantules issues de semis et repiquées en serre n'a permis de rencontrer que 8 plantes présentant des altérations de la coloration foliaire (mosaïque). Quatre de ces plantes ont fourni des pousses normales ; les autres ont donné naissance à des feuilles mosaïquées. L'inoculation de l'extrait de ces feuilles à *Nicotiana tabacum* et *Cucumis sativus* est cependant demeurée sans résultat.

Les sympômes virologiques sont également absents lorsque les plantules sont mises en place en pleine terre et il apparaît en conséquence que l'infection primaire de *B. tuberhybrida* grandiflore s'effectue au champ.

Les résultats obtenus au § 2 tendent à montrer que les aphides seraient les principaux vecteurs des virus en cause, les champs de *B. tuberhybrida* multiflore jouant vraisemblablement le rôle de source d'infection. Des colonies d'aphides sont cependant rarement rencontrées sur les bégonias, tant en serre qu'en plein champ. Toutefois, en novembre 1959, nous avons observé dans une plantation comprenant un pourcentage assez important

de plantes virosées, une grande quantité d'un aphide (formes aptères et ailés) qui a été déterminé par M. Hille Ris Lambers (1), comme une forme atypique de l'espèce « *Aulacorthum solani* ».

Le développement généralement très limité des pucerons sur les bégonias pourrait expliquer la faible extension des maladies à virus chez le type *grandiflore* reproduit par la semence.

***

§ 4. — **Les moyens de luttes**

En ce qui concerne les bégonias multiflores, la situation actuelle est telle qu'une régénération des variétés existantes par multiplication végétatives à partir d'individus sains ne pourrait être qu'une œuvre de très longue haleine. Par contre, l'extension de la culture des variétés reproduites par voie générative mériterait d'être prise en considération (Cortvriendt, 1959).

Pour les bégonias grandiflores, il y a lieu de prévoir une sélection sanitaire des porte-graine et des plantes au champ. D'autre part, ces cultures ne seront pas établies à proximité de sources de virus et notamment des cultures de bégonias multiflores.

***

§ 5. — **Discussion et conclusions.**

Les plantes de tabac infectées par les isolements n° 1 et 2 ont été prémunies contre l'inoculation par la variante « jaune » du V.M.C. Ces virus ont réagi positivement au test de « *gel diffusion* » avec le serum anti « tomato aspermy virus » et ont donné des symptômes classiques du V.M.C. sur *N. glutinosa*, *N. tabacum* et *Cucumis sativus*. Les bégonias inoculés en serre n'ont pas fourni de symtôme ; il en fut de même pour ceux qui avaient été inoculés avec la variante « jaune » du V.M.C. et avec un isolement de ce virus effectué à partir de colza (Semal, 1958 a). Nous considérons donc ces isolements comme des V.M.C. typiques.

Les isolements 3 à 7 ont fourni sur de nombreuses plantes et notamment sur tabac, des symptômes nécrotiques et chlorotiques du type « ringspot » ; d'autre part, les bégonias grandiflores inoculés en serre au moyen des isolements 3, 5 et 7 ont extériorisé des symptômes semblables à ceux observés sur les plantes des mêmes variétés infectées naturellement.

(1) Que nous remercions vivement pour sa bonne obligeance.

L'isolement n° 3, n'a pas prémuni les tabacs contre l'inoculation ultérieure de la variante « jaune » du V.M.C. Une prémunition positive a cependant été obtenue sur *Zinnia elegans*. Les tabacs infectés par ce virus ont présenté un phénomène de « guérison » analogue à celui signalé par de nombreux auteurs pour les virus du groupe « tobacco ringspot virus ». Ces résultats nous avaient amené[1] à conclure à l'absence d'un V.M.C. typique dans l'isolement n° 3 (Semal, 1958 b). Cependant, des essais ultérieurs ont montré que tous les isolements obtenus réagissaient positivement en tests de « *gel diffusion* », avec le serum anti-« tomato aspermy virus ». Cette parenté sérologique ainsi que le fait que le « tomato aspermy virus » est lui-même lié au V.M.C. (revue de la question dans Roland, 1959), nous permettent de rattacher nos isolements au vaste groupe des virus de la « *mosaïque du concombre* ». L'absence de prémunition sur tabac n'infirme pas cette conclusion, étant donné l'influence considérable des conditions du milieu sur le phénomène de prémunition (Graham, 1957).

Cependant, comme les symptômes obtenus sur diverses plantes-hôtes ne sont pas typiques du V.M.C., la question se pose de l'existence éventuelle d'un second virus en mélange avec ce dernier. Les symptômes obtenus sur tabac n'étant pas modifiés par transmission au moyen de *Myzus persicae*, le second virus devrait être lui-aussi transmissible par pucerons. Parmi les virus donnant des symptômes du type « ringspot » et possédant cette propriété, nous retiendrons notamment :

— le virus de la mosaïque de la luzerne (lucerne mosaic virus) (1).
— le virus des taches annulaires de la capucine (nasturtium ringspot virus, Smith, 1952).
— des virus rattachés au groupe « tobacco ringspot virus » (Smith et Brierley, 1955).

L'isolement n° 3 n'a pas donné de réaction positive avec un serum anti-« lucerne mosaic virus » ; il n'a pas fourni sur *Chenopodium amaranticolor* les symtômes systémiques du « nasturtium ringspot virus » ; enfin les symptômes obtenus sur *Phaseolus vulgaris* ne permettent pas de la rattacher au « tobacco ringspot virus » typique.

Parmi les virus apparentés au V.M.C. et donnant des symptômes annulaires, les isolements effectués à partir de bégonia se distinguent du « lily ringspot virus », (Smith 1952) » et du « tomato aspermy virus », (Blencowe et Caldwell, 1949) par les résultats obtenus sur *Cucurbitacées*, et du virus isolé par Brierley et Travis (1958 b) par les symptômes extériorisés sur bégonias.

(1) D'après un travail récent, ce virus aurait certaines relations de prémunition avec le V. M. C. (Nitzany, F. et Cohen, N. : A case of interference between Alfalfa mosaic virus and cucumber mosaic virus, *Virology*, 11, 771, 1960).

Smith (1935) et Noordam (1952) considèrent que les symptômes de « ringspot » sur bégonia sont provoqués par le virus du « spotted wilt » de la tomate. Cette thèse est reprise par Klinkowski (1959), qui dénomme la virose en cause « ringfleckenkrankheit der Begonie ».

Nous avons obtenu sur *Begonia tuberhybrida* des symptômes analogues à ceux décrits pour le virus du « spotted wilt de la tomate » par Smith et Noordam, avec plusieurs de nos isolements et notamment avec un inoculum extrait de *Cucumis sativus*, qui n'est pas considéré comme plante-hôte de ce virus (Köhler et Klinkowski, 1954 ; Smith, 1957 ; Klinkowski, 1959). La question de son rôle exact en tant qu'agent pathogène du bégonia mériterait donc d'être réétudiée. Signalons qu'une étude récente (Mildner et Scheffer, 1959) a montré que sur dahlia, des symptômes du type « ringspot » communément attribués au virus du « spotted wilt » de la tomate pouvaient également être causés par plusieurs autres virus.

Brierley et Travis (1958 a) ont isolé à partir d'une feuille de bégonia provenant de Belgique, un virus identifié tout d'abord comme appartenant au groupe de la « nécrose du tabac » et ultérieurement au groupe du « tobacco rattle virus » (Brierley, *in litteris*), dont la transmission s'effectue par le sol. Aucun virus de ce type n'a été isolé dans nos essais à partir de feuilles et de racines de bégonias virosés, ni à partir de sol ayant porté de telles plantes. Il apparait donc en tout état de cause que le virus en question n'est pas répandu dans les cultures belges de bégonias. Néanmoins, de nouvelles recherches seront nécessaires pour définir de façon plus précise le rôle des virus du type « tomato spotted wilt » et « tobacco rattle » en tant qu'agents de maladies du *Begonia tuberhybrida* en Belgique.

Remerciements

Nous remercions vivement le Prof. R. Vanderwalle de l'aide qu'il nous a apportée au cours de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

Blencowe, J. et Caldwell, J. (1949) : Aspermy — a new virus disease of the tomato. *Ann. Appl. Biol.* **36**, 320.

Brakke, M. (1958) : Properties, assay and purification of wheat streak mosaic virus. *Phytopath.* **48**, 439.

Brierley, P. et Travis, R. (1958 a) : Soil-borne viruses form chrysanthemum and begonia. *Pl. Dis. Reptre.* **42**, 9, 1030.

Brierley, P. et Travis, R. : (1958 b) : A virulent strain of cucumber mosaic virus from Easter lily. *Pl. Dis. Reptr.*, **42**, 9, 1034.

Cortvriendt, S. : Rapport annuel de la Station pour l'amélioration des plantes ornementales. *Rev. Agr.*, **12**, 7-8, 745.

GRAHAM, D. ; (1957) : Cross-protection between strains of tomato aspermy virus and cucumber mosaic virus *Virology*, **3**, 427.

KLINKOWSKI, M. ; (1959) : *Pflanzliche Virologie*, *Band I*, Akademie-Verlag, Berlin.

KÖHLER, E. et KLINKOWSKI, M. (1954) : Virus Krankheiten, dans « *Handbuch der Pflanzen-Krankheiten* », Band II, Parey, Berlin.

MILDNER, R., et SCHEFFER, R. (1959) : Mechanical transmission and host ranges of dahlia ringspot viruses. *Phytopath.*, **49**, 9, 546.

NOORDAM, D. (1952) : Lycopersicum virus 3 (Tomato spotted wilt) bij enkele bloemisterijgewassen. *T. O. Pl. Ziekten.* **58**, 4, 89.

PRICE, W. (1940) : Comparative host-range of 6 plant viruses. *Am. J. Bot.* **27**, 7, 531.

ROLAND, G. (1955) : Contribution à l'étude du virus de la mosaïque du concombre. *Parasitica*, **11**, 3.

SEMAL, J. (1958 a) : Une variante du virus de la mosaïque du concombre isolé de Colza. *Bull. Inst. Agr. St. Rech. Gembloux*, **26**, 1-3, 203.

SEMAL, J. (1958 b) : An Aphid-transmitted tobacco ring-spot-like virus isolated from *Begonia tuberhybrida*. *Nature*, **182**, 1688.

SMITH, F., et BRIERLEY, P. (1955) : Aphid transmission of tobacco ringspot virus in gladiolus. *Plant dis. Reptr.*, **39**, 35.

SMITH, K. (1935) : Some diseases of ornamental plants caused by the virus of tomato spotted wilt. *J. R. Hort. Sc.* **60**, 7, 304.

SMITH, K. (1950) : Some new virus diseases of ornamental plants. *J. R. Hort. Sc.* **75**, 350.

SMITH, K. (1957) : A textbook of plant virus diseases. *Churchill Ltd. London.*

STEERE, R. (1956) : Purification and properties of tobacco ring-spot virus. *Phytopath.* **46**, 60.

VALK, A. (1955) : Travaux du « Laboratorium voor Virologie » de Wageningen (non publié).

VAN KOOT, Y. et VAN DORST, H. (1955) : Een nieuwe virusziekte bij komkommers. *T.O.Pl. Ziekten*, **61**, 163.

VAN SLOGTEREN, D. (1955) : Serological micro-reactions with plant viruses under paraffin oil. *Proc. Second Conf. Pot. Vir. Dis.* 51.

VAN SLOGTEREN, D (1959) : Multiple antigenicity in tobacco plants infected with viruses, notably strains of cucumber mosaic virus. *Comptes-rendus du deuxième Congrès International du tabac*, 90.

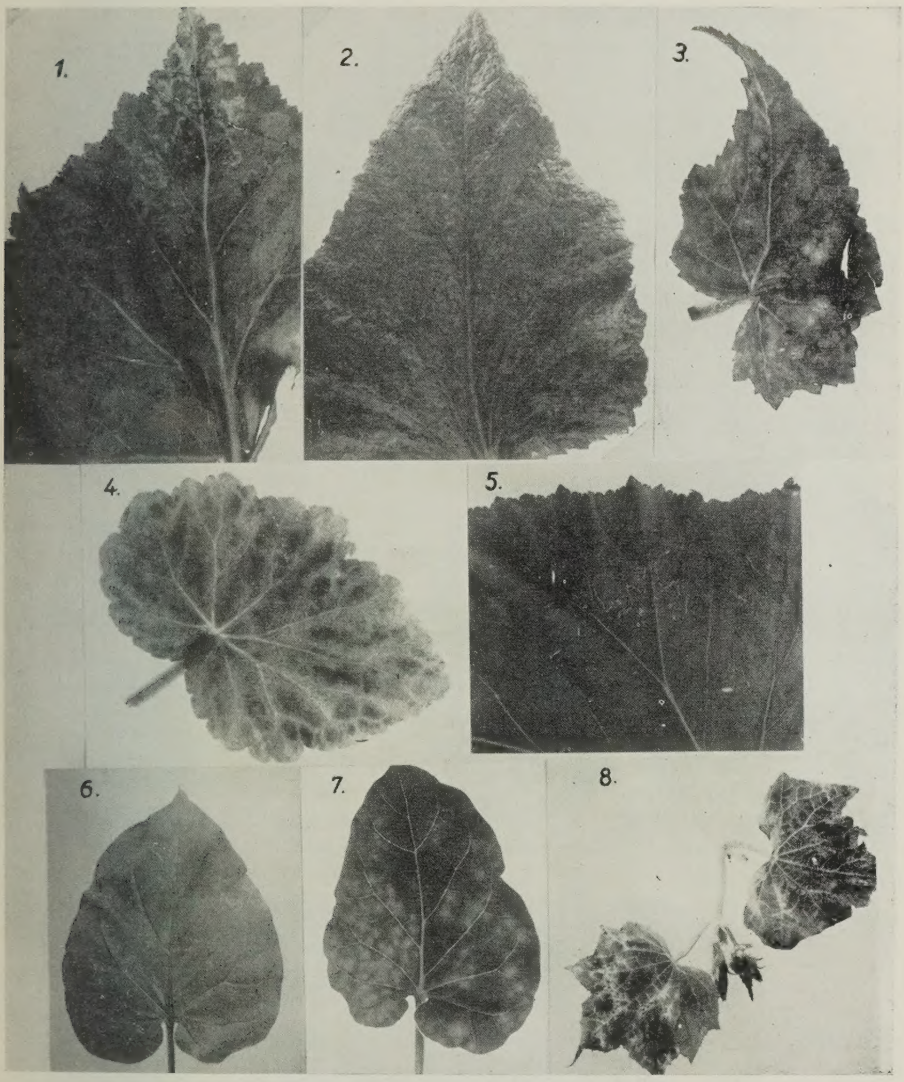

FIG. 1. — Anneaux vert-foncé sur fond vert-jaunâtre ; feuille de *Begonia tuberhybrida*.
FIG. 2. — Aspect de « lèpre » sur feuille de *Begonia* (isolement n° 3).
FIG. 3. — Nécrose des nervures sur feuille de *Begonia* (isolement n° 3).
FIG. 4. — Aspect d'« empreinte digitale » sur feuille de *Begonia* (isolement n° 6).
FIG. 5. — Aspect de « feuille de chêne » nécrotique sur feuille de *Begonia* (isolement n° 3).
FIG. 6. — « Feuille de chêne » sur feuille de *Nicotiana glutinosa* (isolement n° 5).
FIG. 7. — « Ringspots » jaunes sur feuille de *N. glutinosa* (isolement n° 5).
FIG. 8. — Mosaïque sur *Cucumis sativus* (isolement n° 3).

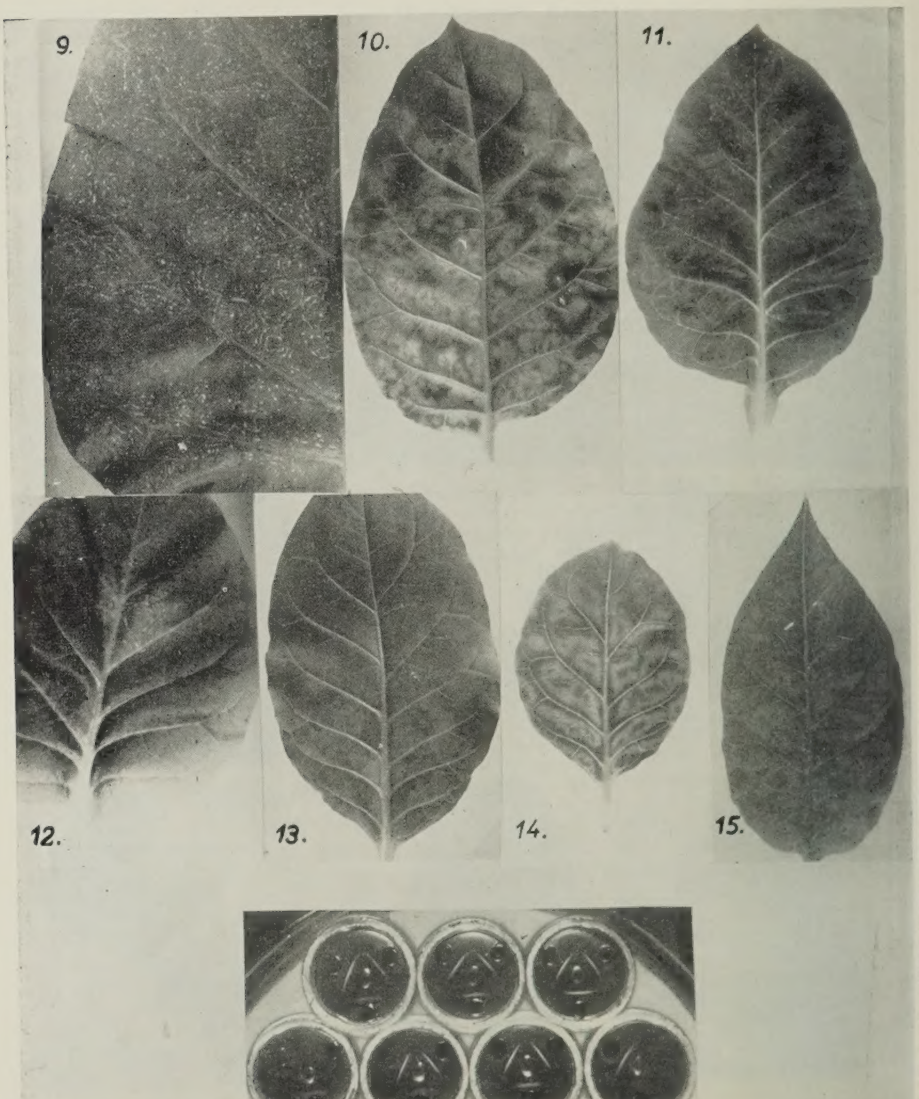

FIG. 9. — « Ringspots » nécrotiques sur feuille de *N. tabacum* (isolement n° 3, feuille inoculée).
FIG. 10. — « Ringspots » jaunes sur feuille de *N. tabacum* (isolement n° 3, symptôme systémique).
FIG. 11. — « Feuille de chêne », nécrotique sur feuille de tabac (isolement n° 3).
FIG. 12. — « Ringspots » nécrotiques sur feuille inoculée de *N. tabacum* (isolement n° 6).
FIG. 13. — Liserés vert-foncé sur feuille de tabac (isolement n° 3 ; stade proche de la « guérison »).
FIG. 14. — Jaunissement internervien (isolement n° 5).
FIG. 15. — Liserés vert-foncé et vert-clair (isolement n° 3, stade proche de la « guérison »).
FIG. 16. — Essais de diffusion en gel d'agar, de différents extraits de tabacs infectés par des vir isolés de *Begonia*, et du sérum anti « tomato aspermy virus ».

Encyclopédie Agronomique et Vétérinaire

MANUEL DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

par **V. LATHOUWERS**

Docteur ès Sciences. Professeur à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Tome I : **L'Amélioration générale** — **En réimp.**
Tome II : **L'Amélioration du Froment**, 580 pp., 66 fig. — **150,00**

LE CHÊNE PÉDONCULÉ ET LE CHÊNE ROUVRE

Leur culture en Belgique

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. 283 p., 54 fig., 1 carte en couleurs. — br. **65,00**

PHYTOTECHNIE DE L'HEVEA — (HEVEA BRASIL.)

Botanique — Amélioration — Culture et Exploitation

par **M. FERRAND**

Ingénieur Agronome (A. I. Gx), Chef de la Division de l'Hevea de l'I N É A C, Direc. du Centre de Rech. de l'Inst. de Rech. pour les Huiles de Palme et Oléagineux de Paris

1 vol. 432 p., 67 fig., 2 hors-texte — **110,00**

ÉLÉMENTS DE MICROBIOLOGIE GÉNÉRALE ET AGRICOLE

par **G. VERPLANCKE**

Chargé de cours à l' Université de Gand et à l'Institut agronomique de Gand

1 vol. in-8°, 328 pp., 105 fig. — **Épuisé**

LES BOVINS

par **J. LAHAYE** et **J. MARCQ**

Professeur à l'École de Méd. vétérinaire, à Cureghem. Professeur à l'Institut agronomique à Gx.

Tome I : **La Connaissance du Bétail**, 1 vol. in-8°, 208 pp., 166 fig. **130,00**
Tome II : *Volume* 1. **Ethnographie. Hygiène. Reproduction.** **En réimpr.**
Volume 2. **Alimentation**, 1 vol. in-8°, 644 pp., 20 fig. **En réimpr.**

TRAITÉ DE PATHOLOGIE MÉDICALE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. XXVI-926 p., 4e édition, 1955. — **560,00**

LA FERTILISATION DU SOL ET LES ENGRAIS

par **R. MEURICE**

Docteur en Sciences. Directeur de la Stat. de Chimie et de Physique Agric. de l'Etat, à Gx.

1 vol. in-8° ill., 280 p. — **Épuisé**

TRAITÉ D'ÉCONOMIE RURALE

par **A. DELOS**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

Tome I : **La Terre**, 1 vol. in-8°, 280 pp., 25 fig., — br. **50,00**
Tome II : **Le Capital d'exploitation**, 1 vol. in-8°, 372 pp., — **Épuisé**

PRÉCIS DE DROIT VÉTÉRINAIRE

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem

1 vol. in-8°, 332 pp. br. **60,00**

TRAITÉ COMPLET D'AVICULTURE

par **J. LAHAYE, J MARCQ** et **E. CORDIEZ**

Prof. à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem. Prof. à l'Institut agronomique à Gx.

1 vol. in-8°, 660 pp., 219 fig., 9 hors-texte en quadrichromie, br. **375,00**

LE CHEVAL

par **J. MARCQ** et **J. LAHAYE**

Prof. à l'Institut agron. à Gx. Prof. à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem

Tome I : **Extérieur du Cheval**, 304 pp., 193 fig. br. **175,00**

Tome II : **Zootechnie spéciale. Alimentation. Hygiène. Amélioration.** br. **425,00**

LA CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

par **J. GUILLAUME**

Ingénieur, Chef de Fabrication aux Antilles.

1 vol. in-8°, IX-215 pp., fig. br. **56,00**

ÉLÉMENTS DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

appliquée à la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur émérite à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

P. MANIL et **R. VANDERWALLE**

Professeur à l'Institut agron. de Gembloux. Chargé de cours à l'Inst. agron. de Gembloux.

1 vol. in-8°, XXVI-540 pp., 205 fig. br. **290,00**

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, XVI-344 pp., 131 fig. br. **225,00**

TRAITÉ DE SYLVICULTURE

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, 532 pp., 166 fig. br. **260,00**

A TRAVERS LES FORÊTS DE PINSAPO D'ANDALOUSIE

Étude de Dendrologie, de Sylviculture et d'Entomologie forestière.

par **A. BARBEY**

Expert forestier, Docteur ès Sciences.

1 vol. in-8°, 110 pp., 41 pl., br. **40,00**